ČESKÁ MATICE TECHNICKÁ.

ROČNÍK XXVIII. (1923.) ČÍSLO SPISŮ 120.

MECHANICKÁ TECHNOLOGIE.

ČÁST PRVÁ A DRUHÁ.

MATERIÁL, JEHO VÝROBA, VLASTNOSTI A ZKOUŠENÍ.

NAPSAL

Dr. Ing. FRANTIŠEK HASA,
PROFESOR ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE.

S 25 DIAGRAMY A 49 TABULKAMI.



V PRAZE.

NÁKLADEM ČESKÉ MATICE TECHNICKÉ.
S PODPOROU MINISTERSTVA ŠKOLSTVÍ A NÁRODNÍ OSVĚTY.
V KOMISI KNIHKUPECTVÍ FRANT. ŘIVNÁČE V PRAZE.

1923.

TISKEM ALOISA WIESNERA V PRAZE,
KNIHTISKAŘE ČESKÉ AKADEMIE VĚD A UMĚNÍ A ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE.
PAPÍR DODALA AKCIOVÁ SPOLEČNOST NÝDECKÉ PAPÍRNY.

PŘEDMLUVA.

Roku 1918 žádali mne zástupci Spolku posluchačů strojního a elektrotechnického inženýrství na českém vysokém učení technickém v Praze, abych vydal souborně své přednášky o mechanické technologii, jejichž jednotlivé stati vycházely tiskem mým nákladem již od r. 1910.

Slíbil jsem, že vydám z látky, přednášené tehdy ve čtyřech semestrech, onu, která náležela do prvých dvou půlletí, tedy část I. i II. (materiál, jeho výroba, vlastnosti a zkoušení) a část III. i IV. (pomůcky k měření, označování, pasivní nástroje a zpracování kovů sléváním), a soudil, že slibu v krátké době dostojím. Dávaje slib, nebyl jsem si však vědom, že školní povinnosti a agenda ústavu, již tehdy velice značná, zabírají ve školním roce téměř můj veškerý čas a nedopřávají klidu k soustředěnější práci. Po převratu se nedostatek času ještě zvětšil. Poznav totiž, že nadešla doba, kdy jedině lze získat další potřebné profesury technologické, dobudovati školní dílny pro praktická cvičení posluchačů, zříditi výzkumnou a zkušební stanici na kovy, slitiny i celé konstrukce, laboratoř metallografickou a laboratoř na zkoušení obráběcích strojů i nástrojů, byl jsem nucen podávati žádosti, vypracovati návrhy a plány na dílny i laboratoře, starati se o jejich umístění při naprostém nedostatku volného prostoru a omezeních se všech stran, později o vybudování a vnitřní zařízení těchto nových stanic, což vše vyžadovalo nejen krajního napětí sil, ale zabralo i poslední zbytky času. Proto mohl jsem na slíbených knihách pracovati toliko o prázdninách.

Zvěděv, když I. a II. část již valně pokročila, že je větší nedostatek psaných přednášek z III. a IV. části, rozhodl jsem se, vypracovati nejdříve tyto. Byly vydány r. 1921 nákladem České Matice technické a Spolku posluchačů, a to z úsporných důvodů litograficky.

Přerušením prací na části I. a II. opozdilo se sice značně dokončení této knihy, leč zkušenosti, získané při sepisování i vydávání části III. a IV., jí nepopíratelně prospěly.

Když úsilí o systemisování dalších technologických profesur, podporované nejúčinněji profesorským sborem vysoké školy strojního a elektrotechnického inženýrství, bylo korunováno výsledkem, spojeny od školního roku 1921/22 výklady o materiálu a jeho zkoušení s přednáškami o metallografii a přiděleny jedné z nových profesur.

Ač tedy látku, obsaženou v I. a II. části, již nepřednáším, rozhodl jsem se přece počatou práci dokončiti a vydati tiskem. Hlavní důvod byl, abych i po nastavších změnách dostál slibu, který jsem dal zástupcům Spolku, potom, aby počato bylo s vydáváním technologických učebnic, neboť by uplynula zajisté značnější doba, než by můj nástupce mohl knihu připraviti, zejména s původními obrazci, a konečně, aby zachován byl stav technologických přednášek, jak se vyvinul směrem, kterým se brali i moji předchůdcové od rozdělení školy utrakvistické.

Budiž zdůrazněno, že kniha není příručkou, nýbrž *učebnicí*, která obsahuje veškerou přednášenou látku, místy rozšířenou a doplněnou i poznatky nejnovější doby. Proto jsou ve většině statí podány jenom základy a k hlubšímu studiu udány prameny.

Obrazce, jež jsou reprodukcemi pomůcek, užívaných v přednáškách, vydány z úsporných důvodů ve dvou zvláštních sešitech. *Diagramy* obsahují popisované předměty nakreslené konstruktivně, se všemi podrobnostmi, a jsou fotografickými snímky z velikých originálů. Na *tabulkách* jsou buď jenom jednotlivé detaily nebo schematické obrazce zařízení, přístrojů a strojů. Jsou-li na nich naznačeny schematicky také předměty, nakreslené podrobně na diagramech, má tím býti usnadněno studium, jelikož obrazce tabulek znázorňují vždy jenom podstatu, jádro věci, jehož znalost se při zkouškách požaduje. Na tabulkách, vyvěšovaných v přednáškách, byly mnohé schematické obrazce kresleny od ruky. Jelikož se tento způsob kresby pro vydání tiskové nehodí, byly originály pro tabulkový sešit kresleny znova, čímž se nápadný rozdíl mezi diagramy a tabulkami, užívanými v přednáškách, značně zmírnil.

Třeba ještě připojiti, že výklady v posluchárně byly doplňovány mnoha promítanými diapositivy a částečně i filmy, takže posluchač mohl z konstruktivních výkresů poznati podstatu věci a učiniti si určitou představu o její velikosti a vztahu k ostatnímu celku z obrazů promítaných.

Stať „Rozdělení zkujněného železa" na stranách 108. až 119. napsal ochotně pan prof. Dr. Inž. V. J a r e š, za což mu vzdávám i zde své opravdové díky. Statí tou, analogickou stati „Rozdělení a vlastnosti surového železa", jsou výklady o zkujněném železe náležitě doplněny.

Vděčně vzpomínám ochoty pana prof. F r a n t i š k a W a l d a z vysoké školy chemicko-technologického inženýrství, který prohlédl rukopis stati „Železo" (str. 1. až 209.). Musím připojiti, že přečtený rukopis byl později ještě jednou přepracován; je-li tedy v této části knihy přece nějaké nedopatření z oboru chemického, bylo zaviněno mnou.

Vřele děkuji ministerstvu školství a národní osvěty za to, že svou podporou umožnilo vydání tohoto spisu, České Matici technické, že nešetříc nákladu, se uvolila jej vydati, svým bývalým asistentům, pánům Inž. K a r l u F a s t o v i a Inž. K a r l u K r a t o c h v í l o v i, kteří nakreslili nově všech 49 tabulek, četli korektury prvé polovice spisu a podporovali

mne v práci jak mohli, jakož i asistentu panu Inž. Aloisu Štětkovi, jenž pomáhal na korekturách druhé poloviny.

Nejen tato kniha, ale i III. a IV. část „Mechanické technologie“, vydaná litograficky, byla v podstatě napsána, jak již v předu uvedeno, v prázdninách od r. 1918, a to v myslivně životické. Jsem proto nemenšími díky zavázán panu vrchnímu lesnímu radovi Theodoru Mokrému ve Lnářích, členu Národohospodářského ústavu při České Akademii věd a umění atd., jehož laskavostí byl mně útulek v zátiší tom přenecháván.

V Praze, v prosinci 1923.

František Hasa.

OBSAH.

ČÁST DRUHÁ:

ZPOZOROVANÉ CHYBY:

Str.	3;	v 1. řádku zdola má státi zrcátko místo zrcádko.
,,	17;	v 1. ,, ,, ,, ,, pojmenování místo pojmeonvání.
,,	45;	v 7. ,, ,, ,, ,, zrcátkové místo zrcádkové.
,,	302;	v rovnici má státi $\lambda = \frac{l_1 - l}{l}$ místo $\lambda = \frac{l - l}{l}$.
,,	306;	v rovnici ,, ,, $100 \frac{l_1 - l}{l}$,, $100 \frac{l - l}{l}$.
,,	306;	v rovnici ,, ,, $\frac{f - f_1}{f}$ místo $\frac{f - f_1}{f}$.

Úvod.

Technologie jedná o prostředcích a pochodech, jimiž se suroviny mění ve výrobky. Proměny v hmotě mohou býti způsobovány buď silami fysickými nebo chemickými. Podle toho dělí se technologie v mechanickou a chemickou. Prvá zabývá se studiem prostředků, kterými lze měniti zevnější tvar hmoty, druhá obírá se pochody, měnícími hmotu v její podstatě. Než proměny surovin nedějí se vždy toliko jednou nebo druhou z uvedených sil, nýbrž často proměna, způsobená silou chemickou, jest přípravou k další proměně silou fysickou nebo naopak. Obě technologie se tedy prostupují.

Surovině možno dáti určitý tvar buď na podkladě její slévatelnosti nebo na základě její tvárnosti a soudržnosti přemísťováním částic nebo konečně ubíráním těchto, tedy na základě její dělitelnosti. K přivození změny prvým způsobem nutno surovinu roztaviti a vlíti do připravené dutiny, formy, jejíž tvar přijme, kdežto změny dosažitelné dalšími dvěma způsoby, vyžadují mechanické síly, kterou přenáší na hmotu nástroj, konající práci.

Doba vyměřená výkladům nedovoluje zabývati se mechanickou technologií v jejím celém, skoro neomezeném rozsahu, nýbrž toliko částí vztahující se bezprostředně ke stavbě strojů a k surovinám technicky nejdůležitějším, totiž ke kovům, slitinám a dřevu.

Má-li býti jednáno o zpracování surovin, nutno znáti předem jejich vlastnosti, neboť tyto předpisují jeho způsob a postup. Musí tedy nauce o zpracování předcházeti nauka o materiálu.

ČÁST PRVÁ.

Vlastnosti a výroba konstruktivních látek.

A. **Železo.** (Eisen, iron, fer.)

Železo technické prakse není kovem chemicky čistým, nýbrž obsahuje větší nebo menší množství cizích látek, s nimiž tvoří slitinu. Nejdůležitější z těchto látek, vyskytující se v každém železe, jest C; dalšími jsou Si, Mn, P, S, Cu, As a řada méně důležitých. A právě tyto součásti dodávají železu tak rozmanitých a pro praksi důležitých vlastností! Železo chemicky čisté nemá pro ni významu.

I. Rozdělení železa.

Na straně 3 naznačeno schematicky rozdělení, na němž se usnesla r. 1919 komise pro terminologii železa, ustavená při české sekci inženýrské komory v Praze.*) Veškeré železo rozděleno především na dvě základní skupiny. Prvou tvoří nekujné druhy železa neboli surové železo (Roheisen), s větším obsahem cizích součástí, druhou kujné druhy železa (Schmiedbares Eisen), s menším obsahem těchto látek. Skupinu tuto možno označiti také skupinou zkujněného železa, nerozlišuje-li se, jsou-li jeho druhy získány bezprostředně z rud nebo teprve ze sur. železa.

Nekujné druhy železa taví se v nižším tepelném intervalu než kujné druhy a přecházejí ze stavu pevného přímo do kapalného, aniž by dříve změkly. Při všech teplotách pod bodem tavení jsou křehké, pročež nemohou býti zpracovány na základě tvárnosti, nýbrž sléváním. Kujné druhy železa za ohřevu naopak měknou, stávají se tvárnými, plastickými a mohou obdržeti potřebný tvar kováním, válením, tažením a pod. pochody. Některé druhy, zvláště železa kujná, mají tuto vlastnost částečně i za studena. Taví se za vyšších teplot než surové železo. Teplota tavení stoupá s ubýváním cizích součástí.

*) Členy komise byli: Prof. Fr. Wald, prof. K. Ryska, prof. J. Kolář, prof. Dr. R. Vondráček, min. rada Inž. G. Hermann a prof. Fr. Hasa. Návrh vypracoval prof. Dr. Vondráček.

Hranice mezi oběma těmito skupinami železa leží podle L e d e b u r a (něm. hutníka) při 2·6 % C, neobsahuje-li železo zároveň i značnější množství dalších přimíšenin. Obsahuje-li, zvláště Si, P, S, zůstává i při nižším obsahu uhlíku než 2·6 % nekujným, surovým. Přechodné druhy, t. j. takové, jichž obsah uhlíku ležel by právě na uvedené hranici, vyrábějí se zřídka. Proto mají surová železa uhlíku obyčejně více než 2·6 %, kujné druhy železa značně méně. Ledebur volil svou hranici náhodně. Jiní kladli ji níže, na př. na 2·3 % C. Navrhlo se též, aby jí byl obsah 1·7 % C, odpovídající úsečce bodu *E* rovnovážného diagramu na obr. I., tab. 3.



N e k u j n é d r u h y ž e l e z a (surová železa) zahrnují v sobě:

Š e d é s u r o v é ž e l e z o (Graues Roheisen). Za tuhnutí vyloučila se většina uhlíku, jenž byl v železe rozpuštěn, v podobě grafitu. Lom má šedý. Zpracuje-li se ve slevárnách litím, zove se s l é v a c í m ž e l e z e m (Giesserei-Roheisen) nebo krátce l i t i n o u (Gusseisen).

B í l é s u r o v é ž e l e z o (Weisses Roheisen). Za tuhnutí zůstal v něm uhlík chemicky vázán. Lom má barvu bílou. Je tvrdší a křehčí než šedé surové železo.

S p e c i á l n í s u r o v á ž e l e z a (Ferrolegierungen). K určitým účelům vyrábí hutník uhlíkové slitiny Fe a Mn, podobající se bílému sur. železu, k němuž však počítány býti nemohou, jelikož obsahují až 85 % Mn. Uhlík jest v nich vázán chemicky. Jsou velmi křehké, lomu bílého nebo nažloutlého. Obsahují-li 5—20 % Mn, zovou se ž e l e z e m z r c á t k o-

výmnebo lupínkovým (Spiegeleisen), mají-li manganu přes 20%, ferromanganem (Eisen- nebo Ferromangan). Jiným speciálním sur. železem jest ferrosilicium, má-li alespoň 5% Si.

Kujné druhy železa rozlišené podle způsobu výroby jsou:

Svářkové železo (Schweisseisen), získané v těstovitém stavu buď přímo z rud nebo ze surového železa zkujněním v otevřeném ohništi, anebo pudlováním. Obsahuje strusku.

Plávkové železo (Flusseisen), vyrobené ve stavu tekutém, prosté strusky. Patří k němu železo Bessemerovo, Thomasovo, Martinovo, kelímkové a z elektrických pecí. Rovněž bylo by sem zařaditi kujné druhy železa, obdržené v tekutém stavu přímo z rud a železo aluminotermické.

Temperovaná litina (Temperguss, Schmiedbarer Guss), získaná žíháním bílého surového železa v tuhém stavu.

Cementované železo (Zementeisen), obdržené z měkčích druhů železa žíháním v prostředí uhlíkovém. Obyčejně vyrábí se tímto způsobem cementovaná ocel (Zementstahl, Kohlungsstahl).

Elektrolytické železo, získané přímo z rud nebo ze sur. železa cestou elektrolytickou.

Podle obsahu uhlíku a kalitelnosti dělí se svářkové železo dále

na svářkové kujné železo (Schweisseisen) a
na svářkovou ocel (Schweissstahl).

Prvé má méně uhlíku než svářková ocel, proto je méně tvrdé a pevné, za to houževnatější a tvárnější. Není znatelně kalitelné. Podle dělení Ledeburova má uhlíku do 0·5%. Obsahuje-li svářkový materiál uhlíku přes 0·5%, jest svářkovou ocelí.

Je-li hlavní přimíšeninou plávkového železa toliko C, zove se železem uhlíkovým na rozdíl od železa speciálního, jež obsahuje vedle uhlíku, nebo místo něho, ještě značnější množství zúmyslně přidaných dalších prvků, na př. Si, Mn, Ni, Cr, W, V a j. Konečně rozlišuje se i plávkový materiál podle obsahu uhlíku a stupně kalitelnosti

na plávkové kujné železo (Flusseisen) a
na plávkovou ocel (Flussstahl).

Prvé má uhlíku do 0·5%, jest méně pevné, avšak houževnatější a tvárnější než plávková ocel a bez patrnější kalitelnosti. Plávková ocel s obsahem uhlíku přes 0·5% je pevná, tvrdá, kalitelná.

Rozlišování oceli od kujného železa podle kalitelnosti nemůže býti přesné, neboť kalitelnost stoupá, jak dnes víme, skoro úměrně s množstvím uhlíku, takže tvrdé druhy kujného železa jsou přibližně tak kalitelné jako měkké druhy oceli. Jelikož Ledeburova mez 0·5% C nebyla všeobecně přijata, není hranice mezi ocelí a kujným železem nijak ustálena. Někteří kladou ji níže, k menšímu obsahu uhlíku, na př. k 0·3% nebo

i jen k 0·25%. V Americe a Anglii zovou vůbec všechen plávkový materiál, tvrdý i měkký, ocelí.

Proto zamlouvají se zřejmě návrhy, rozlišovati ocel od kujného železa podle jiného kriteria, na př. pevnosti. Tak bylo navrženo, aby hranici mezi svářkovým kujným železem a svářkovou ocelí tvořila pevnost 42 *kg*, a hranici mezi plávkovým kujným železem a ocelí pevnost 50 *kg* na 1 mm^2. Zmíněná domácí komise doporučila v prvém případě 45 *kg*, v druhém 50 *kg* na 1 mm^2 s tolerancí $\pm$ 5 *kg*.

II. Vlivy součástí železa na jeho vlastnosti vůbec.

Součástmi těmi mohou býti metalloidy, těžké kovy i plyny.

1. Vliv uhlíku.

Uhlík přechází do železa za výroby z paliva. Železo přijímá jej již ve stavu žhavém. Množství uhlíku, které roztavující se čisté železo může za atmosférického tlaku pojmouti, jest omezeno a leží v mezích 4·2—4·4% Na rozpouštěcí schopnost železa mají vliv jeho přimíšeniny. Mangan a chrom ji zvyšují; proto ferromangan s 80% Mn může míti až 7% C. Naopak Si, S, P, Ni, Al a pak As, Sb a Sn ji snižují, takže slitina železa s 10—15% Si (ferrosilicium) váže uhlíku jen asi 1%.

Uhlík spojuje se s roztaveným železem pravděpodobně nejdříve na karbid Fe_3C, obsahující 6·7% C a 93·3% Fe, který se pak v železe rozpouští jako kuchyňská sůl ve vodě.*) Jeho rozpustnost závisí na teplotě podobně jako rozpustnost soli, jíž voda jisté teploty může rozpustiti toliko určité množství. Klesne-li teplota nasyceného roztoku, vyloučí se část soli.

V podobném smyslu možno mluviti též u kovů o roztocích, i když jsou v pevném stavu (tuhé roztoky). Součásti roztoků mohou býti v tekutém stavu navzájem dokonale rozpustné, kdežto v tuhém buď jen částečně, nebo vůbec ne. Pak se vylučuje za tuhnutí z roztoku nebo ze slitiny nerozpustná součást a rozděluje více méně pravidelně po pevné hmotě.

Železo, jsouc slitinou, bude se za tuhnutí chovati podle zákonů platných pro slitiny, jak je stanovila fysikální chemie. Pochody v tuhnoucích slitinách znázorňuje nejlépe jejich rovnovážný diagram. Pro podvojné slitiny možno jej naznačiti v rovině, takže pak stačí jenom pohled, aby se poznala závislost různých pochodů na teplotě a koncentraci, jakož i existenční možnost různých fází. Rovnovážný diagram železa, obsahujícího pouze C a Fe, naznačen na obrazech I., II. a III., tab. 3. K jeho porozumění třeba uvésti několik poznatků z nauky o fázích.

---

*) Podle nových poznatků může železo vázati při teplotách přes 2400° C ještě větší množství uhlíku než 6·7%.

P o j e m r o v n o v á h y. Posype-li se roztavené železo práškovitým uhlíkem, vchází ho část do železa. Po uplynutí jisté doby vznikne n a s y c e n ý roztok uhlíku v železe a p ř e b y t e k uhlíku zůstane v rovnováze s roztokem železa a uhlíku. Změní-li se teplota, poruší se i rovnováha; buď vstupuje další uhlík do lázně nebo část již rozpuštěného se vyloučí. Křivka, udávající kolik uhlíku železo při různých teplotách rozpouští, je křivkou rozpustnosti uhlíku v železe neboli křivkou rovnováhy mezi uhlíkem a jeho roztokem v železe.

Ve fysikální chemii nazývají se látky, stýkající se rovnovážně, s o u b y t n ý m i neboli koexistentními fázemi. Tyto liší se svým chemickým složením, a alespoň některá mívá složení proměnlivé, závislé na okolnostech, zvláště na teplotě. Za určitých rovnovážných okolností má každá fáze ve všech svých částech složení stejné; za to liší se jedna od druhé nápadně fysikálními vlastnostmi. V našem případě jednou fází jest uhlík, druhou železo s rozpuštěným uhlíkem. Uhlík má složení stálé (C = 100 %), kapalné železo složení proměnlivé (uhlíku as od 4 do 6·7 %).

K ř i v k y c h l a d n u t í. Děje-li se nějaká změna uvnitř t u h n o u c í látky, prozradí ji p r ů b ě h c h l a d n u t í, při kterém pozorován čas a teplota chladnoucí látky. Znázorní-li se graficky vztah teploty k času za chladnutí čisté p l a t i n y v kelímku, 1000° C*) teplé, obdrží se k ř i v k a c h l a d n u t í, naznačená na obr. I., tab. 1. Průběh její jest pravidelný, uvnitř kovu neděly se změny.

Jinaký bude již průběh chladnutí na př. v o d n í p á r y, teplé 150° (obr. II. téže tab.). Od 150 do 100° postupuje pravidelně. Při 100° nastává kondensace páry ve vodu. Po celý čas jejího trvání — podle obr. II. po 10 minut — ukazuje teploměr stále 100°, ač chladnutí trvá. Při této z m ě n ě s k u p e n s t v í uvolňovalo se výparné teplo 537 kal. Když všechna pára zkondensovala, klesá teplota za dalšího chladnutí pravidelně až na 0°, kdy nastává druhá z m ě n a s k u p e n s t v í; voda mrzne v led. I při této změně uvolňuje se teplo a teploměr zůstává státi na 0°, dokud všechna voda nezmrzla. Nastalo-li p ř e c h l a z e n í (Unterkühlung), křivka klesá pod 0° pravidelně dále, aby vystoupila v okamžiku zmrznutí vody až k 0°, jak naznačeno tečkováním. (Je známo, že vodu možno ochladiti p o d 0°, aniž by zmrzla; pak je ve stavu přechlazeném. Stačí slabý otřes nebo vniknutí prachu, aby se tento stav ihned změnil.)

Průběh chladnutí vodní páry je tedy porušen na dvou místech, při 100° a při 0°. Při teplotách těch děly se změny skupenství, za kterýchž uvolňováno bylo výparné a tavné teplo. Vyskytnou-li se naopak na křivce chladnutí poruchy, prozrazují, že uvnitř hmoty dějí se jakési změny.

Při podobných pokusech měří se teplota dle své výše, buď obyčejnými rtuťovými teploměry, nebo termoelementy; z těchto jest užíván

*) Jelikož všechny teploty jsou udány ve stupních Celsiových, nebudou v dalším blíže označovány

nejvíce Le Chatelierův. Jsou-li po ruce samočinně registrující přístroje, není třeba křivek ani konstruovati, nýbrž nakreslí je hodinový přístroj ve spojení s termoelementem a galvanometrem buď mechanicky nebo fotograficky.

Křivky chladnutí některých jiných prvků, jako Sb, As, Pb, Fe, C, P, S, Sn, Zn mají poruchy pravidelného průběhu i při teplotách, neodpovídajících změně skupenství, jak patrno na př. z obr. I., tab. 2., vztahujícího se k chemicky čistému železu.

Prvé, nejdelší přerušení, při 1528°, odpovídá bodu tuhnutí.*) Způsobeno bylo uvolněným teplem tavným. Nemá-li přerušení neboli prodleva průběh vodorovný, nýbrž podobný průběhu naznačenému tečkováním na obr. II., tab. 1., je toho příčinou přechlazení. Ztuhnutím způsobeny byly v hmotě molekulárné změny. Kromě uvedeného přerušení jsou na křivce patrna tři další a to při 898°, 768° a při 1401°, kteréž bylo zjištěno teprve v poslední době. Označují se počátečním písmenem slova „Arrêt". Za těchto teplot děly se v chladnoucím, avšak již ztuhlém železe, nezbytně také molekulární změny, při kterých bylo uvolňováno teplo. Železo měnilo své krystalové tvary, děly se v něm změny allotropické; nad teplotou 1528° bylo roztaveno, od 1528° do 1401° je ve tvaru modifikace δ, od 1401° do 898° v modifikaci γ, od 898° do 768° v modifikaci β a pod 768° v modifikaci α. Při poslední teplotě se stává magnetickým; nad ní nebylo.

Ohřívá-li se železo, jest průběh křivky ohřevu podobný průběhu křivky chladnutí (viz čárkovanou křivku), jen druhá porucha od spodu nevyskytne se při 898°, nýbrž až při 906°. Opoždění toto zove se hysteresí. K rozlišení obou průběhů — za chladnutí a za ohřevu — připojují se k písmenům *A* ještě písmena *r* (refroidissement) nebo *c* (chauffage), jak z obrazce zřejmo. Číselné indexy udávají pořad poruch. Přerušení Ar_1 a Ac_1 na křivkách chemicky čistého železa chybí; vyskytují se však na křivkách slitin železa a uhlíku, na nichž spadají do spodní eutektické teploty. Allotropické poruchy jsou značně slabší než porucha při změně skupenství.

Ve fysice se rozeznávají již odedávna tři různé skupenské stavy, plynný, kapalný a tuhý. Většina látek je schopna vyskytovati se za vhodných podmínek v kterémkoli z těchto stavů a také přecházeti z jednoho do druhého. Nelze se však domnívati, že každá z látek má nejvýše tři různé stavy, neboť jak na př. právě poznáno, tuhé železo se vyskytuje ve čtyřech stavech, α, β, γ, δ, led může býti podle Tammanna ve třech, snad ve čtyřech tuhých stavech, síra ve dvou atd. Z těchto poznatků, jakož i z jiných, vznikl novodobý pojem fáze, o němž byla již učiněna zmínka.

*) Podle stavu poznatků z ledna 1921 leží tento bod při teplotě 1530° s tolerancí ± 5°.

Z nejdůležitějších fází jest fáze plynná. K ní počítáme všechny plyny a páry i každou jejich směs bez ohledu na chemické složení. Jelikož plyny a páry se mohou mísiti v libovolném poměru, uznáváme jenom jednu plynnou fázi, takže pojem plynného skupenství se kryje s pojmem plynné fáze.

Jinaké jsou fáze kapalné. Náleží k nim na př. kapalná voda a všechny vodné roztoky, jelikož, uvedeme-li je ve styk, smísí se difusí v roztok jediný. Při tom může ovšem vzniknouti i plyn, který prchne v bublinách, nebo ssedlina, jež se vyloučí, ale tyto nové zplodiny pokládáme za jiné fáze, které se utvořily vedle fáze původní. Kapalná fáze není však pouze jedna, nýbrž jest jich větší počet, dosud přesně nestanovený. Dvě kapalné fáze vedle sebe vzniknou na př. tehdy, když smísíme vodu s nadbytkem éteru; utvoří se vrstva vodná, v níž je rozpuštěno něco éteru a vrstva éterická s rozpuštěnou vodou. Také získáme snadno dvě kapalné vrstvy, roztavíme-li současně zinek a olovo; jedna z vrstev je zinek s malým obsahem olova, druhá olovo s rozpuštěným zinkem. Chemická složení těchto dvou kapalných fází se zvyšováním teploty stále více sbližují, neboť vzrůstá rozpustnost olova v zinku i rozpustnost zinku v olově, až při teplotě as 930° obě fáze splynou v jedinou. — Konečně máme veliký počet fází tuhých, které se liší hlavně krystalografickými tvary.

Podstatným znakem fáze jest, že v jistých mezích může měniti své chemické složení; nejnápadněji projevuje se tato vlastnost u fáze plynné, dosti nápadně u fází kapalných (vodných roztoků, roztavených kovů, solí, strusek a pod.). O tuhých fázích myslívá se mylně, že mají vždy stálé složení a že představují zpravidla lučebně čisté látky. Novodobé výzkumy ukázaly, že i tuhé látky mohou býti rozpuštěny v tuhých látkách a to v množství proměnlivém. Rozdíl od jiných fází je leč ten, že se v tuhých fázích dojde spíše k nasycenému roztoku; rozpustnost bývá tedy menší, ale počet jiných látek, rozpustných v určité tuhé fázi, nebývá nijak nepatrný. Mění-li se chemické složení fáze, mění se ovšem také její vlastnosti, ale fáze jako pojmový celek podržuje vždy určitý celkový ráz vlastností, takže se jedna fáze liší od jiné vždy mnohem více než se liší různě složené vzorky téže fáze. Při tomto srovnávání se může také státi, že různé fáze mají složení stejná, vzorky téže fáze složení značně rozdílná a přece shledáme na různých fázích větší rozdíl vlastností než na vzorcích stejné fáze.

Fáze mohou se vyskytovati buď odděleně (jako pára, kapalná voda, led) nebo mohou býti vedle sebe po dvou (na př. pára vedle kapalné vody, led vedle vody nebo páry) neb i po třech, po čtyřech atd. Pak mluvíme o fázích soubytných, které mohou míti složení buď úplně stejná nebo různá, měnící se též s tlakem a teplotou. Stejné složení mívají jen fáze vzniklé z jediné chemické součásti, buď prvku nebo sloučeniny, která se za daných poměrů ještě nerozkládá. Při jediné fázi možno měniti

libovolně tlak i teplotu, po případě i poměr součástí, z nichž je fáze složena; jakmile však vznikne ještě jedna fáze, odpadne jedna z těchto volností.

Máme-li tedy čistou kapalnou vodu nebo samotnou její páru, nebo samotný led, můžeme měniti teplotu i tlak nezávisle. Jakmile však vzniknou vedle sebe dvě fáze (pára a kapalná voda, nebo pára a led, voda a led), nelze již měniti neodvisle tlaku a teploty, nýbrž po čas soubytu obou fází můžeme měniti neodvisle buď jen tlak nebo teplotu. Druhá veličina jest jednoznačnou funkcí prvé, a stanovíme-li si libovolně tlak na př. jedné atmosféry, bude panovati stálá teplota určená povahou obou fází; máme-li kapalnou vodu a páru, bude teplota rovna 100^0, máme-li vodu a led, bude teplota rovna 0^0.

Neměníme-li objemu ani tepelného obsahu takové fázové soustavy, bude úplný klid; zvyšujeme-li při stálé teplotě objem, počne se jedna fáze měniti ve druhou tak, aby objem byl více vyplněn fází menší hustoty. Naopak zmenšení objemu vede k tomu, že přibude fáze, která zaujímá menší objem; ale teplota se nemění, dokud udržován týž tlak a dokud se jedna z obou fází nespotřebuje. Obdobné pravidlo platí pro případ, že při stálém tlaku mění se tepelný obsah dané soustavy fází. Přivádíme-li teplo, nastane taková přeměna jedné fáze ve druhou, která zabavuje teplo; ubíráme-li tepla, děje se přeměna opačná. Tlak je tedy funkcí teploty nebo naopak. Jenom jedna z těchto veličin je neodvislá, což platí potud, pokud jsou obě fáze, vzniklé z jediné součásti, v soubytu. Jak se tyto poměry komplikují při větším počtu součástí, bude uvedeno později.

Zcela obdobná pravidla platí pro soubyt dvou fází čistého železa. Kapalné železo může se tedy stýkati se železem δ rovnovážně při teplotě 1528^0. Tato teplota platí jen pro tlak 1 *at*; při vyšším tlaku byla by rovnovážná teplota jiná, ale ze zkušenosti je známo, že při soubytu fází kapalných a tuhých (s vyloučením fáze plynné) je třeba neobyčejně velikých tlaků, aby se rovnovážná teplota změnila pouze o jeden stupeň, pročež se tento vliv v praksi obyčejně zanedbává. (Bod mrazu, tedy teplota, při které se stýká rovnovážně led s vodou, se snižuje tlakem jedné *at* as o $0{\cdot}008^0$; podle Tammanna odpovídá tlaku 2200 *kg* na 1 cm^2 rovnovážná teplota -22^0.) Podobně může se stýkati rovnovážně (při tlaku ne příliš odchylném od obyčejného tlaku) železo δ se železem γ při teplotě 1401^0, dále při teplotě 898^0 železo γ se železem β a konečně při 768^0 železo β se železem α. Při těchto teplotách jsou vedle sebe současně dvě fáze, kdežto při ostatních teplotách jest jenom jedna.

V uvedených příkladech jsou poměry tak jednoduché, poněvadž jde v nich toliko o jedinou součást, o čistou vodu neb o čisté železo. Jakmile přičiníme pouze jednu další součást, vznikají poměry mnohem složitější,

ale vodítkem zůstává tak zv. pravidlo o fázích.*) Jediná fáze má tři volnosti, na př. tlak, teplotu a poměr obou součástí ve fázi. Při dvou fázích zbývají již jenom dvě volnosti, při třech toliko jedna. K těmto volnostem počítá se také tlak, jehož změny (za vyloučení fáze plynné) lze zanedbati, takže prakticky zbývají místo volností tří, dvou, jedné jen dvě, jedna, žádná.

Poměry v složitějších soustavách vyšetřují se zase hlavně pozorováním křivek chladnutí. Sledujmež tedy na př. chladnutí roztoku kuchyňské soli ve vodě.

Křivka chladnutí čisté vody má, jak bylo poznáno, přerušení při 0^0 (obr. II., tab. 1.), odpovídající bodu mrazu; na obr. III. téže tab. je to křivka *a*. Na křivce chladnutí 5% roztoku soli se ukáže kromě poruchy při — $3{\cdot}1^0$ ještě další při — $22{\cdot}4^0$ (křivka *b*). Vyšší obsah soli, na př. 10 nebo 15%, sníží polohu prvé poruchy ještě více a to na — $6{\cdot}7^0$ nebo až na — $12{\cdot}2^0$, kdežto druhá zůstane při — $22{\cdot}4^0$ (křivky *c*, *d*). V roztoku s 23% soli (křivka *e*) klesla prvá porucha až na — $22{\cdot}4^0$, takže průběh křivky je toliko jednou porušen. Roztoky s více než 23% soli mají za chladnutí na svých křivkách zase po dvou poruchách, z nichž prvá stoupá

*) Podle pravidla o fázích rovná se počet volností počtu volných součástí plus 2, méně počet fází. Za volné součásti považují se ty, jejichž váhový poměr v úhrnu přítomných fází je proměnlivý. Voda je tedy jenom jednou součástí, ač se skládá z vodíku a kyslíku, jelikož se v ní poměr obou prvků nemění. Volnosti značí okolnosti, které možno měniti libovolně, neodvisle, aniž by se změnil počet fází; nepočítá se k nim váha fází, nýbrž na př. tlak, teplota, poměr dvou určitých součástí v jisté fázi, poměr jiné dvojice součástí v téže nebo v jiné fázi a t. d.

Značí-li *s* počet součástí, *f* počet fází, *v* počet volností, jest dle pravidla o fázích, $v = s + 2 - f$. Výsledky pro jednu a dvě součásti sestaveny přehledně v následující tabulce, z níž plyne, že z jedné součásti mohou vzniknouti v soubytu nejvýše tři

s	*f*	*v*
1	1	2
	2	1
	3	0
2	1	3
	2	2
	3	1
	4	0

fáze a to jen za zcela určitého tlaku a teploty. Ze dvou součástí mohou vzniknouti za stejných podmínek nejvýše čtyři soubytné fáze. Máme-li však pouze tři fáze, zbývá jedna volnost; možno tedy voliti na př. teplotu, ale nikoli tlak a složení fází. Při dvou fázích můžeme měniti podle své vůle na př. tlak a teplotu, nemůžeme však předpisovati složení a t. d.

Bližší o fázích viz ve vyznačné knize profesora Fr. Walda: Chemie fází, Praha, Česká Akademie věd a umění, 1918.

s přibývajícím obsahem soli (křivka *f*), kdežto druhá zůstává trvale na — 22·4°. Jaké změny dějí se při těchto poruchách v roztoku?

Čistá voda mrzne za tlaku 1 *at* při 0° v led. Roztok 5% soli a 95% vody počne vylučovati při — 3·1° krystaly, o kterých analysa dokáže, že jsou z čistého ledu. Kdyby se opatrně odstranily, zbude matečný louh s vyšším percentuálním množstvím soli. Následkem toho leží jeho bod mrazu níže nežli původního roztoku a teprve za dalšího ochlazení vylučovaly by se nové krystaly, taktéž z čistého ledu. Odstraní-li se i tyto, nasycuje se louh víc a více solí až konečně při — 22·4° jeho zbytek najednou ztuhne. Analysí se pozná, že ztuhlý roztok je složen z 23% NaCl a 77% H_2O. Když tento roztok při — 22·4° celý ztuhne, nevznikne z něho jedna fáze téhož složení, nýbrž vzniknou dvě fáze, z nichž jedna je čistý led, druhá čistá kuchyňská sůl.*) Každá z těchto fází krystaluje jinak, takže pevná látka se skládá ze směsi dvojích krystalů, krystalů H_2O a krystalů NaCl, vlastně $NaCl \cdot 2\,H_2O$. Tato krystalová směs má ovšem průměrně totéž složení jako roztok, totiž 23% NaCl a 77% H_2O. Krystalky obou fází jsou však tak jemné a tak stejnoměrně promíšené, že se chemikové s počátku mylně domnívali, že vzniká nový druh jednotných fází.

Chladnutí jiného roztoku, na př. 15%, probíhá zcela obdobně. Jen prvé krystaly ledu vznikají později, totiž při — 12·2°. Zbytek roztoku, zůstávající tekutý až na konec a tuhnoucí při — 22·4°, má i zde chemické složení 23% NaCl a 77% H_2O. Má-li chladnoucí roztok sám toto složení, nevylučují se z něho krystaly ledu, nýbrž zůstává tekutý až po teplotu — 22·4°, za které veškerý náhle ztuhne ve zmíněnou, zdánlivě stejnorodou hmotu. Při prvých poruchách roztoků s více než 23% NaCl vylučují se také krystaly, ale ty sestávají z čisté soli (vlastně z $NaCl \cdot 2\,H_2O$). Zbytek roztoku stává se následkem toho chudším, až dosáhne konečně při — 22·4° zase složení 23% NaCl a 77% H_2O a ztuhne ve směs jemných krystalů soli a ledu. Tato směs, mající stále stejné průměrné chemické složení, konstantní bod mrazu a to ze všech roztoků nejnižší, zove se eutektickou (snadno tavitelnou), nebo eutektikem, a teplota — 22·4° eutektickou.

K přehlednému znázornění pochodů za chladnutí a tuhnutí více roztoků spojují se všechny body, v nichž počalo vylučování ledu, jakož i ony, ve kterých se vylučovala sůl. Vzniknou křivky naznačené na obr. III., tab. 1. čárkovaně. Body eutektického tuhnutí dají přímku. Tím povstane obraz tuhnutí neboli rovnovážný diagram nakreslený pro solné roztoky ještě jednou plně na obr. IV. téže tab., z něhož možno pro libovolný roztok hned vyčísti teplotu, při které počne vylučování jedné nebo druhé fáze. Přímka *CD* tvoří hranici, pod kterou jsou všechny

*) Přesně vzato není tato druhá fáze bezvodá kuchyňská sůl NaCl, nýbrž chemická sloučenina $NaCl \cdot 2\,H_2O$.

roztoky, ať jest jejich obsah soli jakýkoli, v pevném stavu; nad *A S E* jsou všechny tekuté, stejnorodé. Naproti tomu *A S C* a *E S D* značí okrsky, ve kterých se hmota skládá ze součástí tuhých, z krystalů, a z tekutých, totiž ze zbytků louhu.

Z posavadního pozorování vidno, že jen počáteční a konečný člen soustavy voda—kuchyňská sůl a pak roztok s 23% soli mají skutečný bod tuhnutí; po ztuhnutí zůstává toliko počáteční člen (voda) stejnorodý, kdežto každý jiný dává směs dvou fází, ledu a soli.

Ve všech ostatních roztocích děje se tuhnutí v určitém tepelném intervalu, tedy ne okamžitě, za vylučování krystalů ledu nebo soli, takže vznikají směsi fází.

Z rovnovážného diagramu možno vyčísti pro každý roztok a každou teplotu i koncentraci matečného louhu a stanoviti množství vyloučených krystalů. Klesla-li na př. teplota 10% roztoku soli na — 10°, tedy do bodu *b*, obsahuje matečný louh *m n* soli. Poměr množství vyloučených krystalů ledu k původnímu množství roztoku odpovídá poměru délek $\frac{bn}{mn}$.

Podle předchozího možno také předpověděti jak bude vypadati, vnitřní stavba, struktura, ztuhlých roztoků. Z roztoků s méně než 23% soli vylučují se nejdříve krystaly ledu, jež průběhem intervalu chladnutí rostou. Ty spojí při eutektické teplotě ztuhlý zbytek matečného louhu, složený zase z krystalů ledu a soli, avšak podle nabytých zkušeností velmi jemných. Bude tedy struktura ztuhlých roztoků odpovídati schematickému náčrtku na obr. V., tab. 1. Krystaly ledu, jež budou tím větší, čím delší jest interval tuhnutí, leží v eutektické směsi. Roztoky s více než 23% soli mají tutéž základní porfyrovitou hmotu, v které však nejsou uloženy krystaly ledu, nýbrž soli. Roztok s 23% soli, tedy eutektický, skládá se po ztuhnutí jen z jemné eutektické směsi ledu a soli, bez velkých krystalů.

Podobně jako roztoky soli ve vodě, chovají se i různé slitiny kovů, na př. olova a antimonu, olova a stříbra a j. Slitiny ty mají rovnovážný diagram odpovídající plně právě poznanému, který označuje se typem Ia,

Pochody za tuhnutí nejsou však vždy tak jednoduché jako v soustavě kuchyňská sůl — voda. Tak se na př. nevylučují podle křivek *A S* a *S E* vždy čisté složky roztoků nebo slitin, nýbrž častěji jejich chemické sloučeniny, jako hydráty, karbidy a pod.

Roztoky chovající se podle typu Ia byly tak utvářeny, že jejich obě složky, obě součásti, byly v tekutém stavu dokonale vzájemně rozpustné, kdežto v pevném stavu nastala úplná nerozpustnost; za tuhnutí rozpadly se roztoky ve své složky nebo alespoň v chemické sloučeniny těchto složek, tedy v látky stálého složení. Tomu vždy tak není. Kromě jiných typů, které uváděti nelze, je též takový, že rozpustnost v tekutém stavu je úplná, kdežto v pevném toliko částečná. Typ tento označuje se I a jest jen zvláštním případem typu Ia.

Podle typu I tuhnou na př. slitiny dusičnanu draselného a sodného. Průběh tuhnutí podle C a r v e t h a a H i s s i n k a znázorňuje obr. II. na tab. 2. Diagram tohoto typu liší se od Ia v podstatě tím, že úsečky bodů *R* a *S* nejsou rovny nule nebo 100%, nýbrž mají hodnotu 27 a 87%. Připraví-li se na př. kapalná slitina ze 34% KNO_3 a 66% $NaNO_3$, ochladí na 240⁰, ponechá na této teplotě tak dlouho, až nastane rovnováha mezi vyloučenou solí a zbylým roztokem, a pak při nezměněné teplotě prolije jemným platinovým sítkem, kapalina proteče, kdežto krystaly se zadrží. Chemickou analysou se zjistí, že krystaly obsahují 20·5% KNO_3 (a 79·5% $NaNO_3$) a proteklá kapalina 41·5% KNO_3 (a 58·5% $NaNO_3$). Hodnoty tyto odpovídají úsečkám bodů *A* a *C*. Vyloučené krystaly nejsou tedy čistým $NaNO_3$, nejsou jednou složkou, jako tomu bylo při roztocích soli ve vodě, nýbrž $NaNO_3$, obsahujícím 20·5% KNO_3. Obě součásti jsou v pevném stavu navzájem zcela rozpuštěny, takže jejich hmota je svým slohem stejnorodá jako na př. v krystalech dolomitu, složených z uhličitanu vápenatého a hořečnatého. R o o z e b o o m pojmenoval krystaly tyto s m ě s o v ý m i (Mischkristalle) a později v a n't H o f f krystaly tuhého roztoku (feste Lösung). Poměr vah

$$\frac{\text{směsových krystalů}}{\text{k matečnému louhu}} = \text{poměru úseček } \frac{BC}{AB}$$

Opakují-li se popsané pochody při různých teplotách, obdrží se při každé jeden bod *A* a jeden *C*. Geometrickým místem bodů *A* je pak čára *O R*, bodů *C* čára *O P*. Značí tedy *O R* hranici mezi soustavami pevnými a smíšenými, *O P* hranici mezi soustavami smíšenými a zcela tekutými.

Sledujeme-li slitinu se 34% KNO_3 za jejího chladnutí, přechází při teplotě odpovídající bodu *E* z oblasti tekutých soustav do oblastí částečně pevných. Při *E* počne vylučování směsových krystalů, jichž obsah KNO_3 jest dán úsečkou bodu A_0. Jejich množství je prozatím rovno nule, neboť $\frac{EE}{A_0E} = 0$. S klesající teplotou roste množství krystalů a zmenšuje se množství matečného louhu. Při 240⁰ jest poměr množství směsových krystalů k množství matečného louhu roven poměru délek $\frac{BC}{AB}$ (podle tak zv. pákového pravidla). Obsah KNO_3 v krystalech se zvětšil, neboť úsečka bodu *A* jest delší než bodu A_0, a také se zvýšil obsah KNO_3 v matečném louhu, jelikož i úsečka bodu *C* je větší než bodu *E*. Z a o c h l a z o v á n í s t e p l o t y *E* n a 240⁰ z m ě n i l o s e t e d y s l o ž e n í j a k s m ě s o v ý c h k r y s t a l ů, t a k i m a t e č n é h o l o u h u. Z tohoto poznatku plyne, že vznikající krystaly nemohou míti hned stejného chemického složení, nýbrž že jejich zevnější vrstvy obsahují více KNO_3 než vnitřní. Udržují-li se však zároveň s louhem delší dobu na téže teplotě, v daném případě na 240⁰, vyrovnají se rozdíly difuzí, takže na konec nabývají složení veskrze stejného, odpovídajícího bodu *A*. Jelikož vy-

rovnávání nestejností chemického složení postupuje zvolna, nedochází se ke skutečné rovnováze tak snadno.

Za dalšího chladnutí pokračují změny ve složení. Při 218° dostoupil obsah KNO_3 směsových krystalů hodnoty 27%, matečného louhu 54·5%, kterýmž hodnotám odpovídají úsečky bodů *R* a *P*. Bod *P* jest jako dříve eutektický. Jemu příslušející matečný louh je nasycen jak proti směsovým krystalům *R* (se 27% KNO_3), tak proti směsovým krystalům *S* (s 87% KNO_3). Proto ztuhne tento louh za trvající teploty 218° v jemnou směs obou druhů směsových krystalů *R* a *S*. Pod přímkou *R S* je všechno v tuhém stavu. Přestoupí-li ve slitině obsah KNO_3 výši 54·5%, probíhají pochody obdobně. Uvnitř plochy *P Q S* vylučují slitiny směsové krystaly, jejichž obsah KNO_3 dán jest úsečkami bodů, ležících na *Q S*, což značí, že krystaly ty mají KNO_3 v mezích od 87 do 100%. Skládají se tedy hlavně z KNO_3, jenž obsahuje od 0 do 13% $NaNO_3$ v tuhém roztoku, kdežto naopak směsové krystaly vylučované ze slitin, obsahujících do 54·5% KNO_3, jsou v podstatě $NaNO_3$ vázajícím od 0 do 27% KNO_3 v tuhém roztoku.

Zvláště zajímavé jsou pochody tuhnutí slitin s méně než 27% KNO_3, na př. s 10%. Při teplotě odpovídající bodu *a* nastává tuhnutí za vylučování směsových krystalů; jejich množství je prozatím rovno nule. Klesla-li teplota na bod *e*, jest poměr mezi množstvím krystalů a matečným louhem dán poměrem úseček $\frac{eg}{ef}$; vytvořilo se již značně krystalů, jichž obsah KNO_3 odpovídá úsečce bodu *f*, předpokládá-li se, že chladnutí postupuje patřičně zvolna, aby dosaženo bylo skutečně rovnováhy. Úsečka bodu *g* udává obsah KNO_3 v louhu.

S teplotou dále klesající zvětšuje se množství krystalů, kdežto matečného louhu ubývá. Obsah KNO_3 ve směsových krystalech také roste, až dosáhne v bodu *c* 10%, tedy téže výše, jakou měla původní slitina. I obsah KNO_3 v louhu vzrostl; odpovídá úsečce bodu *d*. Množství louhu kleslo na nulu. Při teplotě *c* stala se tedy slitina zcela pevnou a sestává toliko ze směsových krystalů s 10% KNO_3. Přešla ze stejnorodého tekutého stavu nad *a* taktéž do stejnorodého, pevného stavu pod *c*. Ale přechod nebyl náhlý, nýbrž děl se v tepelném intervalu od *a* do *c* za dočasného opuštění stejnorodosti, za dočasného rozkladu v pevné krystaly a tekutý matečný louh neboli ve dvě fáze.

Uvedené platí pro všechny slitiny od 0 do 27% KNO_3 a přirozeně i pro slitiny s 87 až 100% téhož dusičnanu. Všechny jsou po ztuhnutí stejnorodé, pakli chladnutí dělo se tak zvolna, aby bylo vždy dosaženo úplného vyrovnání mezi jednotlivými vrstvami krystalů a mezi kapalinou. Při rychlejším chladnutí skládá se slitina sice také jenom z jednoho druhu směsových krystalů, ale ty mají od vnitřku na povrch přece jen různé složení, takže je sice stejnorodá krystalograficky, avšak

není zcela stejnorodá chemicky. Ostatní slitiny se 27 až 87% KNO_3 rozpadají se proti tomu při tuhnutí v obě součásti, v součást *R* (směsové krystaly se 27% KNO_3) a součást *S* (směsové krystaly s 87% KNO_3).

Strukturní poměry ztuhlých slitin h n e d p o d teplotou 218° budou: Když slitiny obsahují dusičnanu draselného:

a) od 0 do 27%. J e d n a s t r u k t u r n í součást a také jenom jedna fáze. Více méně stejnorodé směsové krystaly $NaNO_3$, vázající v tuhém roztoku 0—27% KNO_3.

b) od 27 do 54·5%. D v ě strukturní součásti a dvě fáze. Směsové krystaly $NaNO_3$ se 27% KNO_3, uložené v porfyrovité základní hmotě, sestávající z eutektické směsi dvojích malých krystalků, se 27% a s 87% KNO_3.

c) 54·5%. J e d n a strukturní součást, ale dvě fáze. Eutektická směs dvojích krystalků, se 27% a 87% KNO_3, velmi drobných, stejnoměrně promíšených, takže tvoří na pohled jednotnou hmotu, která se proto označuje za jedinou strukturní součást, ačkoli se skládá ze dvou různých fází. Žádné větší krystaly.

d) od 54·5 do 87%. D v ě strukturní součásti a dvě fáze. Směsové krystaly s 87% KNO_3 (KNO_3 se 13% $NaNO_3$) v porfyrovité základní hmotě téhož složení jako pod *b*).

e) od 87 do 100%. J e d n a strukturní součást a jedna fáze. Více méně stejnorodé směsové krystaly s 87—100% KNO_3, vázající v tuhém roztoku 14—0% $NaNO_3$.

Na obr. II., tab. 2., nejsou čáry *R R'* a *S S'* rovnovážného diagramu svislé. To značí, že rozpustnost KNO_3 v pevném $NaNO_3$ nebo naopak, je i v tuhém stavu závislá na teplotě. Jejím klesnutím s 218 na 200°, tedy o 18°, klesá rozpustnost KNO_3 se 27% as na 21%, t. j. změny v pevné hmotě nejsou ztuhnutím při 218° ještě ukončeny. Tím stávají se strukturní poměry při nižších teplotách složitějšími, než bylo uvedeno pod *a*) a *e*).

Seznavše potřebné pojmy z nauky o fázích na příkladech snadno přístupných a tak volených, že je lze vztahovati přímo na železo, vraťme se k obrazům tuhnutí této látky. Modifikační změny č i s t é h o železa nedají se dle dosavadních znalostí potlačiti ani nejrychlejším ochlazením. Je-li však železo slito s jinými látkami, zvláště s uhlíkem, dějí se v něm většinou volněji. Jejich průběh závisí na rychlosti ochlazování. Dle této vznikají pak zcela rozdílné tvary s velmi rozmanitými fysikálně-chemickými i technickými vlastnostmi. Rozlišuje se velmi volné, volné, obyčejné, zrychlené, rychlé a ostré chlazení; každé vyvolá jiný strukturní vzhled slitiny.

Budiž nejdříve předpokládáno, že všechen uhlík v tuhém železe obsažen ve tvaru karbidu, jak tomu bývá ve zkujněných a bílých suro-

vých železech. Pak jsou krajními členy podvojné soustavy železa a uhlíku chemicky čisté železo a chemická sloučenina Fe_3C, karbid železa. Rovnovážný diagram této soustavy nakreslen plnými čarami na obr. I., II. a III., tab. 3. (Místo 6·7% C mohlo by se psáti 100% Fe_3 C; není to však obvyklé.) Vrchní část obrazu I. a obr. II. znázorňují pochody při tuhnutí slitin, spodní část obrazu I. a obr. III. pochody za chladnutí ve slitinách již ztuhlých.

V tavenině jest karbid zcela rozpuštěn Na čáře *A B* počínají se z ní vylučovati směsové krystaly železa δ a karbidu železa neboli kratčeji směsové krystaly δ, na *B C* směsové krystaly železa γ a karbidu neboli směsové krystaly γ a na *C D* počíná vylučování druhé složky soustavy, totiž karbidu. Křivka *A B C* znázorňuje zároveň vliv uhlíku na teplotu tavení slitin. Vylučování krystalů δ končí na *A H* a krystalů γ na *I E*.

K snazšímu sledování pochodů za tuhnutí rozděleny buďtež veškeré slitiny na skupiny. Pochody v prvé skupině, zahrnující slitiny s obsahem uhlíku od nuly do 0·07%, odpovídají poznaným pochodům při vzniku směsových krystalů. Pole V., obr. II., složeno proto ze směsových krystalů železa δ a karbidu neboli z tuhého roztoku karbidu v železe δ. S klesající teplotou přecházejí krystaly tyto na *H N* ve směsové krystaly γ. Přeměna se dokončuje na *I N*, načež slitiny podržují po dlouhý tepelný rozdíl tvar směsových krystalů γ.

Slitiny další skupiny s 0·07 až 0·18% C tuhnou podobným způsobem. Ale při 1486^0 změní se směsové krystaly δ, obsahující *H*% uhlíku, a zbytek taveniny s *B*% uhlíku, ve směsové krystaly γ s *I*% uhlíku. Množství krystalů γ roste se stoupajícím obsahem uhlíku slitin lineárně s nuly na 100%. Při 0·18% stačí množství taveniny právě k výhradnému vytvoření krystalů γ. Ve slitinách s 0·18 až 0·36% C zbude po této přeměně ještě něco taveniny *B*, která ztuhne za klesající teploty stejným způsobem jako při tvoření se směsových krystalů.

Z tuhnoucích slitin s 0·36 až 1·7% C nevylučují se směsové krystaly δ, nýbrž hned γ. Stejnorodost tuhého roztoku bude tím dokonalejší, čím pomaleji klesnou teploty s *B C* na *I E*.

Tuhnutí slitin s 1·7 až 4·2% C, jež možno nazvati skupinou podeutektického surového železa, počíná vylučováním prvotních směsových krystalů γ, jichž postupně přibývá a jejichž obsah uhlíku se zvětšuje podle čáry *SE*, a končí při 1145^0 vytvořením eutektika se 4·2% C. Po ztuhnutí skládají se tedy z prvotních nasycených směsových krystalů *E* s 1·7% C a ze základní eutektické hmoty. Tato byla k poctě německého hutníka Ledebura pojmenována ledeburitem. Eutektické surové železo se 4·2%, tuhnoucí nejpozději, totiž až při 1145^0, je složeno výhradně z ledeburitu.

Ze slitin obsahujících přes 4·2% C, z nadeutektických surových želez, počínají se vylučovati podle *C D* prvotní krystaly karbidu, načež

zbytek taveniny přechází při 1145^0 v eutektikum, takže po ztuhnutí jsou složeny z prvotního karbidu, uloženého v základní eutektické hmotě.

Změny dějící se v *chladnoucích*, avšak již *pevných* slitinách způsobuje vlastnost želez β a α, že *nerozpouštějí* na rozdíl od železa γ uhlíku vůbec.

K rozlišení pochodů při *tuhnutí* od pochodů při *chladnutí* již pevných slitin, navrhl *Howe*, pojmenovati ocel s 0·9 % C *eutektoidickou* (eutektiku podobnou) místo eutektickou. V důsledku toho zovou se kujná železa a oceli s obsahem uhlíku od nuly do 0·9 % podeutektoidickými a oceli s 0·9 až 1·7 % C nadeutektoidickými.

V předešlém poznáno, že slitiny mající uhlíku od nuly do 1·7 % tvoří nad čarami *GO*, *OS* a *SE*, obr. I. a III., tuhý roztok, t. j. stejnorodou hmotu, v které uhlík jest rozpuštěn jako v tavenině. Ze slitin, jichž obsah uhlíku leží mezi nulou a 0·4 %, počne se za volného chladnutí při teplotách *GO* vylučovati železo β, které přechází při 768^0, tedy na *MO*, v magnetické železo α; dřívější modifikace byly nemagnetické. Ze zbytku tuhého roztoku vylučuje se klesající teplotou dále železo α. Následkem toho přibývá ve zbytku roztoku uhlíku podle *GO* a *OS*, až při 721^0 dostoupí jeho množství eutektoidické hodnoty 0·9 %. Pak nastane rozklad zbytku roztoku v eutektoidickou směs železa α a karbidu.

Slitiny s 0·4 až 0·9 % C počnou na průsečících s *OS* vylučovati *přímo* železo α. Jeho množství stoupá s klesající teplotou. Taktéž se zvětšuje obsah uhlíku ve zbytku tuhého roztoku, až při 721^0 dostoupí zase maxima 0·9 % a následuje rozklad v železo α a v karbid.

Slitina s 0·9 % C, eutektoidická ocel, vázající nejdéle rozpuštěný uhlík, přechází při 721^0 přímo v železo α a karbid. Při chladnutí zůstává teplota tak dlouho na stejné výši, dokud proměna trvá.

Ze slitin skupiny s 0·9 až 1·7 % C vylučuje se na *ES* karbid. Tohoto přibývá s klesající teplotou, následkem čehož ubývá uhlíku ve zbytku tuhého roztoku až při 721^0 jeho obsah klesne na 0·9 % a následuje zase rozklad v železo α a karbid.

Nasycené směsové krystaly s 1·7 % C chovají se podobně jako nenasycené v tuhém roztoku. Ze slitiny, obsahující 1·7 % C, vyloučí se podle křivky *ES* největší množství karbidu. Stejně se chovají všechny nasycené směsové krystaly, ať jsou prvotné nebo vznikly eutektickým rozkladem, ve slitinách s více než 1·7 % C, totiž, rozpadají se za chladnutí s 1145^0 na 721^0, v karbid a eutektoidickou směs železa α a karbidu. —

Tuhý roztok v poli VII. rozpadá se za volného chladnutí při teplotě 721^0 v železo α a v Fe_3C. Nelze tedy po úplném vychladnutí spatřiti drobnohledem ve slitině směsové krystaly železa γ a karbidu, nýbrž produkty rozkladu, totiž železo α a karbid.

Jako strukturní součást obdrželo železo α pojmenování *ferrit*, eutektoid s 0·9 % C pojmeonvání *perlit*, jelikož se po vyleptání perleťově

leskne. Páskový perlit složen z rovnoběžných pásků ferritu a karbidu. Ve výbrusu jsou zřejmy dvě součásti, obě bílé, z nichž karbid, jsa tvrdší vystupuje v reliefu a vrhá při dopadajícím světle stín na nižší, měkčí hmotu ferritu.

Na výbrusu měkkého železa zabírá perlit jen ojedinělé malé plošky, tvoře tmavé ostrůvky na bílé ploše ferritové. S tvrdostí železa perlitových plošek přibývá, kdežto ferritových ubývá, až konečně ve slitině s 0·9% C zabírají celou plochu. Z poměru ploch zabraných oběma součástmi možno naopak souditi na chemické složení slitiny a na její tvrdost. Ve slitinách nadeutektoidických perlit pokrývá celou plochu a karbid jest na ní vyloučen v žilách. Metallografický název karbidu železa jest cementit (Zementit), poněvadž se vyskytá v cementované oceli.

Má-li býti stav v poli VII. přece zachycen a zachován i při obyčejné teplotě, nutno zabrániti rozkladu tuhého roztoku, čehož lze dosíci rychlým ochlazením neboli zakalením, které zabrání změnám, dějícím se na čarách *GOS*, *MO* a *PSK*. Stav získaný zakalením není však stálý. V takový může býti převeden ohřátím, tedy na př. popouštěním. Tím objasněna zároveň podstata kalení, o níž nebylo dříve žádných znalostí, ač samo jest známo od nejstarších dob.

Kdyby kalením zachycen byl krystalograficky ideální tvar tuhého roztoku, pak má metallografické označení austenit, k poctě anglického badatele Roberts-Austena, jenž prvý sestrojil rovnovážný diagram slitin železa a uhlíku. Obyčejně získává se však zakalením struktura od této více méně odlišná, závislá na poměrech při kalení. Tak mohou vzniknouti od ideálního tuhého roztoku čistého austenitu až k perlitu, produktu dokonalého rozkladu, přechodní tvary tuhého roztoku, tvořící řadu: austenit → martensit[1]) → troostit[2]) → osmondit[3]) → sorbit[4]) → perlit. Někteří badatelé vkládají mezi martensit a troostit ještě hardenit.

Ve výbrusu může se vyskytovati buď toliko jediná strukturní součást nebo i více součástí společně. Ferrit, leptaný kyselinou pikrovou, charakterisují čáry, probíhající na hranicích mezi jednotlivými zrny železa a tvořící polygonální obrazce. Typický martensit vyznačují jehličky, uložené buď podél stran stejnoramenných trojúhelníků nebo také kolmo k sobě. —

Předpokládali jsme dosud, že se uhlík vylučuje (kromě ve tvaru tuhého roztoku δ nebo γ) vesměs ve tvaru karbidu Fe_3C. Za vhodných

[1]) Podle A. Martense, zakladatele ústavu na zkoušení materiálu v Gross-Lichterfelde.

[2]) Podle francouzského badatele Troosta.

[3]) K poctě francouzského učence Osmonda, autora směrodatných prací o konstituci železa.

[4]) K poctě anglického badatele C. Sorbyho, vyniknuvšího zvláště mikroskopickými studiemi kovů.

podmínek může se však vylučovati z kapalného železa také elementární uhlík ve tvaru grafitu a z pevného železa ve tvaru uhlíku temperovacího neboli změkčujícího. Obě tyto modifikace uhlíku jsou chemicky totožné. Prvá je důležitou součástí šedého surového železa, druhá temperované neboli změkčované litiny. I elementární uhlík se v tekutém železe rozpouští a může jím býti také do jistého obsahu vázán. Jeho vliv na železo znázorňuje rovnovážný diagram, jehož krajními členy jsou na jedné straně chemicky čisté železo, na druhé uhlík. Rozlišuje se tedy soustava železa a karbidu neboli karbidní od soustavy železa a elementárního uhlíku čili grafitové. Prvá zove se též metastabilní, druhá stabilní.

Na obr. I., tab. 3. nakresleny jsou rovnovážné diagramy obou soustav. Obě mají společné čáry *ABC'*, *AH*, *HIB*, *NH*, *NI* a *IE'*. Stabilní soustavě přísluší čárkované čáry *C' D'*, *E' C' F'* a *E' S'*, mající podobný význam jako *C D*, *ECF* a *E S* v soustavě metastabilní. Na *C' D'* vylučuje se totiž elementární uhlík, nazývaný prvotním nebo šumovým grafitem, na *E' C' F'* tuhne eutektikum ze směsových krystalů γ a grafitu; eutektický grafit jest mnohem jemnější než prvotní. Na *E' S'* vylučuje se ze směsových krystalů γ elementární práškovitý uhlík, jehož tvar nazván uhlíkem změkčujícím (Temperkohle). Další pokračování větve *E' S'* není známo; také není shody v názorech o průběhu křivky *C' D'*.

Uhlík změkčující vylučuje se z tuhého roztoku nepoměrně pozvolněji než cementit. Proto se za chladnutí uhlíkových slitin železa hranice *E' S'* obyčejně překročí, aniž by se obdržel změkčující uhlík; klesla-li teplota až na *E S*, vylučuje se cementit. Tím se vysvětluje, proč jen v nejřidších případech vznikají úplně stabilní slitiny a naopak skoro vždy, na př. i v šedém železe, směsi stabilní a metastabilní soustavy, a ve zkujněných druzích železa vždy slitiny metastabilní. Žíhají-li se metastabilní druhy železa delší dobu za vysoké teploty, nastává již uvedený rozklad karbidu ve ferrit a uhlík změkčující. Tohoto pochodu užívá se při výrobě temperované neboli kujné litiny z bílého surového železa, obsahujícího veškerý uhlík ve tvaru karbidu. —

K předcházejícímu připojeno budiž ještě dle Heyna grafické znázornění vzniku technického bílého a šedého surového železa (obrazy IV. a V., tab. 3.), které neobsahuje uhlíku obyčejně značně více než 4%.

a) Bílé surové železo. Nad *BC* a *CD* jsou slitiny roztaveny a stejnorodé. Na jmenovaných čarách počnou se z taveniny *L* vylučovati směsové krystaly *M* (obr. IV., 1.). Nepřihlíží-li se k jejich proměnlivému obsahu uhlíku, jest mezi nimi a taveninou toliko ten rozdíl, že jsou pevné, kdežto tavenina je tekutá. Klesá-li teplota dále, přibývá směsových krystalů na úkor taveniny, až nad eutektickou teplotou zaujímají větší část plochy (obr. IV., 2.). Množství taveniny kleslo na zbytek závislý na úhrnném

obsahu uhlíku ve slitině, ale její konečný obsah uhlíku na slitině nezávisí, nýbrž jest vždy 4·2%. Při eutektické teplotě 1145° ztuhne tento zbytek taveniny v ledeburit, dokonalou směs směsových krystalků *M* a cementitu *N* (obr. IV., 3.). Za dalšího chladnutí vzrůstá plocha cementitová na újmu směsových krystalů, z kterých se vylučuje podle křivky *E S* cementit a ukládá k cementitu již stávajícímu (obr. IV., 4.). Tyto pochody pokračují až k 721°, kdy největší část cementitu je vykrystalována. Při 721° klesl obsah uhlíku v směsových krystalech na 0·9% a jejich zbytek přemění se v perlit *Q* (obr. IV., 5.).

b) Šedé surové železo. Budiž předpokládáno, že železo obsahuje dosti křemíku, jenž podporuje vznik grafitu, a že chladnutí děje se náležitě zvolna. S počátku postupuje tuhnutí jako v bílém železe. Za eutektické teploty, nebo něco níže, mizí volným chladnutím a přítomností křemíku přechlazení a dán jest popud k vzniku grafitových zárodků (obr. V., 1., jenž odpovídá obrazu IV., 3.). Poněvadž první zárodky přechlazení dále snižují, rostou grafitové krystaly rychle, odnímajíce okolí uhlík (obr. V., 2. a V., 3.). Tím cementitu ubývá. Stav těsně nad 721° ukazuje obr. V., 3. Při 721° rozkládá se jako dříve zbytek směsových krystalů v perlit *Q*. Klesl-li v chudých vrstvách kolem grafitu obsah uhlíku pod 0·9%, bude v nich vyloučen ferrit *R* (obr. V., 4.). Jest možno, že krystaly grafitu rostou ještě pod 721° na újmu okolí, jak znázorňuje obr. V., 5. —

Jak poznáno, jest za normálního chladnutí konečnou eutektoidickou strukturní součástí páskový perlit. Zkujněný perlitický materiál má přirozenou tvrdost, závislou na obsahu uhlíku. Je-li však ochlazování velmi volné, nepovstává páskový, nýbrž zrnitý perlit. V tento přechází také páskový, je-li materiál po několik hodin žíhán. Železo s touto strukturní součástí jest zvláště měkké. Za chlazení poněkud zrychleného bude páskový perlit nedokonale vyvinut; jeho jednotlivé pásky jsou tak blízko u sebe, že jich nelze dobře rozeznati, ač nastal rozklad směsových krystalů γ. Taková struktura nezove se perlitem, nýbrž sorbitem. Sorbitický materiál má zvýšenou mez pružnosti i pevnosti.

Přehled strukturních součástí slitin železa a uhlíku s jejich nejvíce význačnými vlastnostmi uveden na stranách 22 a 23; reprodukce mikrofotografií některých součástí z knihy Goerensovy*) jsou na tab. 4. a 5. —

Věda, umožňující studovati struktury kovů a jejich slitin, pochody v nich za tuhnutí, rozlišovati a určovati součásti slitin, stanoviti jejich krystalisaci, vyšetřovati podmínky přivodivší určité vlastnosti hmoty, určovati vlivy tepla, vlivy jiných látek, mechanického zpracování, nesprávného ohřevu, jakož i škodlivých přimíšenin na vlastnosti materiálu, zove se metallografií. Je nového původu. Její hlavní pomůckou je

*) Autor k reprodukci ochotně svolil.

drobnohled na kovy s odraženým světlem ve spojení s fotografickou komorou. Prvé kroky v metallografickém badání mikroskopem učinil C. Sorby, jenž předložil r. 1864 veřejnosti fotografie drobnohledných preparátů, které obdržel broušením, leštěním a leptáním. Za zakladatele vědy metallografické pokládán jest A. Martens, jenž poukázal na její důležitost pro zkušebnictví materiálu. Stavíc na těchto počátcích, metallografie dosáhla dnešního svého významu hlavně pracemi Osmondovými, Roberts-Austenovými a pak velmi mnoha jiných, vydatným využitkováním vymožeností fysikální chemie, zvláště na poli nauky o rovnováze a o roztocích.

Z materiálu, který má býti drobnohledně zkoušen, třeba zhotoviti nejdříve vhodné výbrusy, neboť je nezbytno, aby plocha, jež bude zkoumána, byla před leptáním zcela rovná, bez nepravidelností, trhlinek a pod., pocházících od zevnějších vlivů. Lze-li materiál obráběti, vypracuje se z něho kousek o rozměrech as 10×10×10 *mm*, opiluje na jedné z větších ploch napřed hrubším, pak jemným pilníkem a srazí jeho hrany i rohy. Z látky příliš tvrdé se vhodný kousek urazí a větší ploška obdrží obroušením, smirkovým, pomalu se točícím kotoučem. Výbrus ponořuje se každých 10 vteřin do vody, aby nenastala v něm změna struktury teplotou, vyvozenou broušením. Opilovaný nebo zhruba obroušený zkušební kousek brousí se potom jemně různými způsoby. Při postupu dle Martense zbaví se omytím hrubých smirkových, na něm lpících zrn, načež se brousí dále na vodorovných dřevěných kotoučích, polepených postupně jemnějším až nejjemnějším smirkovým papírem a konajících as 400 obrátek v min. Výbrus drží se tak, aby rýhy na něm vznikající běžely v jednom směru. Dalším papírem brousí se potud, dokud nezmizí rýhy po předcházejícím. Pak následuje leštění na kotoučích, potažených suknem, na které naneseno plavené anglické červeni (kysličník železitý). Leštění trvá tak dlouho, až zmizí rýžky po nejjemnějším smirku. Popsané práce vyžadují celkem doby 1½ až 2 hodin.

V mnohých případech je rychlejší postup Le Chatelierův. Zkušební kousek, připravený jako v předchozím případě, brousí se jemně ručním pohybem po smirkových papírech, postupně jemnějších a jemnějších, podložených broušeným sklem. Další práce koná se na sukně nataženém v rámku se skelnou podložkou. Je třeba dvou suken, na hrubší a na jemný smirek, jenž vlhčí se roztokem mýdla. Byly-li tyto práce pečlivě provedeny, vyžaduje následující leštění na vodorovném mosazném kotouči, potaženém plstí a konajícím as 1700 obrátek v min., jen as 5 minut. Leští se velmi jemně plaveným kysličníkem hlinitým.

Podmínkou zdaru práce je dokonalá čistota vedle řádné přípravy prostředků brousicích a lešticích. Po každé změně čísla smirku nutno umýti co nejpečlivěji jak výbrus, tak i ruce a nehty, aby hrubší zrnka nedostala se do pozdějších operací, jež by prodloužila, ba i znemožnila. Čím měkčí je slitina, tím jemnější musí býti lešticí prášek. Je-li přípustno

Strukturní součásti

Jméno součásti	Vyskytuje se	Chemické složení a fysikální stav
Ferrit	v kuj. železe a oceli s 0—0·9% C po volném vychladnutí nebo žíhání	Chem. čisté železo nebo nepatrně uhlíkové. Může obsahovati značné množství Mn, Si, Ni, Cr, As, P, nikoli však S v tuhém roztoku. Stálý.
Cementit	v oceli obsahující přes 0·9% C a v sur. železe	Karbid Fe_3C, oproti grafitu nestálý; delším žíháním se rozkládá v grafit a v železo
Perlit	v kuj. železe, oceli a sur. železe po volném vychladnutí nebo žíhání	Eutektoid železa a karbidu Fe_3C, obsahující 0·9% C
Austenit	v oceli bohaté uhlíkem, zakalené ostře z bílého žáru	Přechlazený tuhý roztok karbidu a železa γ; nestálý, rozkládá se ohřevem při 280°
Martensit	v kaleném železe a oceli; význačná součást zakalené oceli	Přechlazený tuhý roztok karbidu a železa; nestálý, rozkládati se počíná as při 100°
Hardenit	v zakalené oceli, neohřívané déle než nutně třeba	Přechlazený tuhý roztok karbidu a železa jako v martensitu
Troostit	v oceli popuštěné po zakalení pod 400°	Martensit nebo směs austenitu a martensitu v počátku rozkladu; nestálý
Osmondit	v oceli mírně zakalené nebo popuštěné po zakalení na 400°	Martensit nebo směs martensitu a austenitu ve stavu úplného rozkladu následkem popuštění nebo pomalého zakalení
Sorbit	v oceli kalené vzduchem nebo popouštěné po zakalení nad 400°	Nejvýše jemný perlit, vzniklý zrychleným ochlazením. Dle fáze stálý a shodný s perlitem a osmonditem; strukturně nestálý
Ledeburit	v surovém železe	Eutektikum z karbidu a nasycených (1·7% C) směsových krystalů, s úhrnným obsahem uhlíku = 4·2%
Grafit	v surovém železe	Vykrystalovaný elementární uhlík buď čistý nebo s malým obsahem železa v tuhém roztoku
Uhlík změkčující	v temperované litině a oceli	Beztvárný nebo nejvýš jemně krystalický elementární uhlík buď čistý nebo s malým obsahem železa v tuhém roztoku

uhlíkového železa.

Vzhled výbrusu po leptání alkoholickou kyselinou solnou	Tvrdost	Poznámka
Světlá, zdrsněná, snadno porušitelná plocha, buď celistvá nebo rozdělená v mnohoúhelníky s rovnými nebo prohnutými stranami	po grafitu nejměkčí strukturní součást slitin železa a uhlíku	Nejvhodnější leptadlo kys. pikrová. Mnohoúhelníky vzniknou leptáním touto kyselinou s přísadou alkohol. HCl. Na napouštěném výbrusu modrozelený
Jasná, bílá, zrcadlově hladká plocha, nezdrsněná, tvaru síťového, jehličkovitého nebo zrnitého	nejtvrdší součást	Leptán roztokem pikranu sodného se zabarvuje až černá. Na napouštěném výbrusu červený
1. Páskový perlit. Pásky feritu se střídají s pásky cementitu. Základní hmotou je ferrit. 2. Zrnitý perlit. Zrna cementitu v základní hmotě ferritově	mezi ferritem a cementitem	Jemnost pásků i zrn velmi různá podle rychlosti chlazení
Světlá až tmavá, stejnorodá, málo dotčená plocha. Podvojné krystaly. Přímočaré, mnohoúhelníkové omezení zrn	měkčí martensitu	Zřídka v uhlíkové oceli a nikdy samotný, často v ocelích s vyšším obsahem Ni nebo Mn.
Světlá až tmavá jehličkovitá Widmanstättennova struktura	velká, blízká cementitu	Za kalení skoro vždy již poněkud rozložen. Proto po leptání nejčastěji tmavší než austenit. Vzniká-li naopak v tekutém vzduchu, je světlejší austenitu
Světlá, bílá, beztvárná, málo dotčená plocha, bez jehliček, zrn a podvojných krystalů	jako martensitu	Hardenitu podobnou strukturu mají zakalené rychlořezné oceli
Jehličkovitá struktura tmavší martensitu. Jehličky s méně ostrými okraji	měkčí martensitu	Vzhled výbrusu různý podle stupně popuštění
Zrnitá plocha tmavší než troostit. V mírně zakalených výbrusech žluté až tmavé skvrny, ostře ohraničené, nejčastěji kruhové	měkčí troostitu	Často v zušlechtěných speciálních ocelích
a) v perlitu žluté až tmavé skvrny bez ostrého ohraničení; b) v popouštěné oceli zrnité plošky, světlejší než osmondit	měkčí osmonditu, odpovídá skoro perlitu	Často v zušlechtěných ocelích
Poněkud prohloubené bílé jehličky nebo tečky v základní hmotě cementitu	veliká, odpovídající cementitu	Vyskytuje se nejčastěji jako zbytková součást
Šeděmodré až černé žíly, jehličky a plošky	měkčí ferritu	Může se vyskytnouti bílý na výbrusu napuštěném nebo zrezavělém. Někdy bývá z výbrusu vytržen
Černé tečky a shluky děrovitě probloubené	bez tvrdosti, práškovitý	Uložen nejčastěji ve ferritu

zkoušenou slitinu roztaviti a neokysličuje-li se značně poblíže bodu tavení, obdrží se rovná výbrusová plocha pouhým nalitím roztavené hmoty na vyleštěnou skelnou, ocelovou nebo slídovou plochu. Někdy stačí též jen přitisknutí slídového lístku ke zkoušenému kousku, uvedenému na jednom místě plamenem ve stav právě počínajícího tavení.

Má-li se na vyleštěné plošce výbrusu drobnohledem něco zpozorovati, nutno učiniti jeho strukturu patrnou, nutno ji vyvolati jednou z následujících metod, jež volí se podle druhu strukturních součástí; někdy dává ta, jindy ona lepší výsledky. Před vyvoláváním zbaví se výbrus zbytků mastnot a nečistot lihem nebo jiným vhodným prostředkem.

Leštění reliefní. Velmi jemná lešticí látka vybrousí z upravované plošky rychleji měkčí strukturní částice než tvrdší. Účinek podporuje leštění na pružné gumové nebo pergamenové podložce. Po pergamenu napiatém na hladké ploše, potřeném nejjemnější anglickou červení, jejíž přebytek se spláchl proudem vody nebo sčísl kartáčkem, takže zbyla toliko nejjemnější zrnečka zachycená v jeho pórech, pojíždí se výbrusem semo tamo. O pokroku práce nutno se občas přesvědčiti drobnohledem, když výbrus opláchnut byl vodou a osušen vzdušným proudem z balonku. Leštění toto se značně urychlí, připojí-li se k mechanickému působení ještě chemické. Tím vzniká leštění leptové. Výbrus se hotoví jako při leštění reliefním, jenže pergamen nenavlhčí se vodou, nýbrž roztokem extraktu sladkého dřeva, dusičnanu amonného, amoniakové vody a pod. Reliefního leštění se užívá celkem zřídka, jelikož vyvolané hrany zaobluje a pak neobdržují se jím větší plošky rovné, což stěžuje pozorování při větších zvětšeních

Napouštění zákalnými barvami. Některé strukturní součásti vyleštěného výbrusu okysličují se za ohřevu rychleji než jiné, pokrývajíce se vrstvou barevného oxydu. Jediné tímto způsobem lze na př. bezpečně rozeznati karbidy od fosfidů.

Leptání. Vyskytuje-li se ve výbrusu více součástí přibližně stejně tvrdých, musí se užíti k jich rozeznání prostředků pouze chemických. Leptací prostředky působí buď tím, že rozpouštějí jednu součást rychleji než druhou, která pak vystoupí v reliefu, nebo součásti různě zbarví. Leptá se kyselinou dusičnou buď soustředěnou nebo rozředěnou vodou, lihem i glycerinem, kyselinou pikrovou rozředěnou aethylalkoholem, amylalkoholem nebo vodou, kyselinou solnou, jodovou tinkturou, chloridem měďnatoamonným, pikranem sodným, soustředěným louhem draselným, amoniakem a j.

Vyvolaná struktura výbrusu pozoruje se drobnohledem, jenž vytvoří zvětšený obraz v oku pozorovatelově nebo na fotografické desce. Někdy stačí malé lineárné zvětšení 20—100násobné, jindy 200—500násobné; některé strukturní součásti vyžadují zvětšení 800, 1000 až 1500násobného. Poněvadž výbrusy jsou neprůhledné, není možno jich osvětlo-

vati světlem procházejícím, jak tomu jest u obyčejného drobnohledného pozorování, jakož i při výbrusech mineralogických a petrografických, nýbrž nutno užíti světla dopadajícího, t. j. paprsky, vycházející z vnějšího světelného zdroje, vedeny jsou tělesem drobnohledu shora na předmět, aby jej osvětlily. Odražené paprsky projdou objektivem a utvoří reální obraz, který okulár zvětší. Úplná výzbroj pro mikroskopické pozorování výbrusů skládá se tedy ze zařízení osvětlovacího, drobnohledu a z fotografického přístroje. Zdrojem světla může býti až do 5násobného zvětšení odražené denní světlo, nad toto sluneční, vápníkové, elektrické, obloukové i žárové, žárové plynové, světlo lamp Nernstových, rtuťových a j. Z konstrukcí drobnohledů na kovy vyskytují se nejčastěji: Drobnohled Martensův s vodorovnou optickou osou objektivu, prováděný firmou C. Zeiss v Jeně; Le Chatelierův se svislou osou objektivu, jejž staví firma P. Dujardin a spol. v Düsseldorfě; drobnohled firmy Leitz, Optische Werke ve Wetzlaru a profesora Rejtö v Budapešti, prováděný firmou Optische Werke C. Reichert ve Vídni. Komora určená ku přijetí mikrofotografií klade se do optické osy okuláru; výhodnější jsou přístroje výsuvné, jelikož připouštějí větší volnost ve volbě zvětšení. —

K podrobnějšímu a hlubšímu studiu metallografie odkazuji na literaturu. Z té buďtež uvedena díla:

Osmond F., Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches, Paříž, 1888.

Behrens H., Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legierungen, Hamburk a Lipsko, 1894.

Jüptner H., Grundzüge der Siderologie, Lipsko, 1900—1904.

Heyn E., Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde, Freiberk, 1903.

Guillet L., Les alliages métalliques, Paříž, 1906.

Guillet L., Étude industrielle des alliages métalliques, Paříž, 1906.

Howe H. M., Iron, steel and other alloys, Boston, 1906.

Goerens P., Einführung in die Metallographie, Halle n. S., Prvé vydání z r. 1906, druhé z r. 1915.

Ruer R., Metallographie in elementarer Darstellung, Hamburk a Lipsko, 1907; druhé vydání z r. 1922.

Heyn E. a Bauer O., Metallographie, I. und II. Teil, Sammlung Göschen, svazek 432 a 433, 1909.

Révillon L., La métallographie microscopique, Paříž, 1910.

Haenig A., Der Konstruktionsstahl und seine Mikrostruktur, Berlín, 1910.

Desh C. H., Metallography, Londýn, 1910; německý překlad od F. Caspariho, Lipsko, 1914.

Quertler W., Metallographie, ein ausführliches Lehrbuch und Handbuch der Konstitution und der physikalischen, chemischen und technischen Eigenschaften der Metalle, Berlín, vychází od r. 1912.

Martens—Heyn, Materialienkunde für den Maschinenbau, Band II. A., Berlín, 1912.

Preuss E., Die praktische Nutzanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes, Berlín, 1913; druhé vydání z r. 1921.

Tammann G., Lehrbuch der Metallographie, Chemie und Physik der Metalle und ihrer Legierungen, 1914; druhé vydání z r. 1921.

H a n e m a n n H., Einführung in die Metallographie und Wärmebehandlung, Berlín, 1915.

H o w e H. M., The Metallography of steel and cast iron, New York, 1916.

G u i l l e t L. a P o r t e v i n Q., Précis de métallographie, Paříž, 1918.

O b e r h o f f e r P., Das schmiedbare Eisen, Konstitution und Eigenschaften, Berlín, 1920.

V o n d r á č e k R., Úvod do metallografie, Praha, 1920, Česká Matice technická, spisů č. 108.

Nepřetržitě zpravují o pokrocích metallografie časopisy: ,,Metallurgie," vydávaný v Halle n. S. od r. 1904 do r. 1911, od kteréhož roku vychází pod novým názvem ,,Ferrum"; ,,Revue de métallurgie", vycházející od r. 1904 v Paříži; ,,Internationale Zeitschrift für Metallographie", vydávaný od r. 1911 v Berlíně a od r. 1919 přezvaný na ,,Zeitschrift für Metallkunde"; ,,The Metallographist"; ,,Stahl und Eisen", v Düsseldorfě; ,,Journal of the Iron and Steel Institute" v Londýně; ,,Berichte des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik" a j. Z českých časopisů přinesly ,,Zprávy spolku architektů a inženýrů v král. Českém" r. 1905 článek B. S v o b o d y ,,Metallografie železa" a ,,Živa" r. 1905 od téhož autora ,,Přehled současného stavu metallografie". R. 1919 uveřejnil Dr. Ing. V. J a r e š v časopisu ,,Zeitschrift für Metallkunde" článek ,,Über das ternäre System Aluminium—Kupfer—Zink mit besonderer Berücksichtigung der Zinkecke"; užší stať o těchže slitinách uveřejnil r. 1917 v „Technickém Obzoru" pod názvem ,,O náhražkách mosazi".

2. Vliv křemíku.

Si jest po uhlíku nejdůležitější součástí technického železa. Do surového přechází z křemičitanů rud ve vysoké peci. Slévací železo mívá ho 2—3%. V elektrické peci možno vyrobiti siliciové železo s více než 50% Si. Křemík snižuje teplotu tavení jakož i rozpustnost uhlíku v tekutém železe a způsobuje, že rozpuštěný uhlík vylučován jest za tuhnutí ve tvaru grafitu; podporuje tedy vznik šedého surového železa. Křemíkem bohaté slévací železo vzdoruje značně silným kyselinám. Svou slučivostí s kyslíkem chrání železo za každého ohřevu před spálením; v roztaveném železe rozkládá škodlivé kysličníky a váže plyny, jež by se za tuhnutí uvolňovaly a způsobovaly bublinatost. Je proto při výrobě plávkového železa důležitým odkysličovadlem a podporuje získávání hustých odlitků. Z roztaveného surového železa odstraňuje se snadně spálením (Bessemerův pochod). Shořuje tím snáze, čím chladnější jest lázeň a poměrně zásaditější struska. Se stoupající teplotou lázně roste slučivost uhlíku s kyslíkem více než křemíku, takže pak křemík shořuje vedle uhlíku, a je-li vznikající struska bohatá kyselinou křemičitou, může se i státi, že při vysoké teplotě shoří všechen uhlík dříve než křemík.

Si zvyšuje tvrdost železa, ale v porovnání s uhlíkem nepatrně. Kujnosti a svárnosti kujného železa jím ubývá. Také se volí kujné železo, mající vynikati velkou tvárností za studena, na př. k tažení na jemný drát nebo k lisování, bez křemíku. Na kalitelnost nemá patrnějšího vlivu, houževnatost snižuje, kdežto křehkost zvyšuje. Do obsahu 4% zvyšuje

i pevnost a pružnost, avšak méně než stejné množství uhlíku. Proto mívá ocel na vzpružiny 0·6—2·5% Si. Křemík snižuje velmi značně vodivost elektřiny. Jeho vysoký obsah (až 4%) v plechu dynamových kotev snižuje ztráty Foucaultovými proudy jakož i ztráty hysteresní.

3. Vliv manganu.

Mn má se železem největší chemickou podobnost. Tvoří s ním tuhé roztoky ve všech poměrech. V obyčejném surovém železe bývá ho od 0·5 do 5%, v železe zkujněném od 0·2 do 0·6%. Do surového železa přechází z rud ve vysoké peci přímou redukcí uhlíkem koksu; podmínkou jest vysoká teplota. Mn zvětšuje rozpustnost uhlíku v železe, které může ho při 80% Mn vázati až 7%. Teplotu tavení poněkud snižuje, také snižuje pevnost surového železa, ale zvyšuje jeho křehkost tak, že může býti roztlučeno v prach. V tuhnoucím surovém železe zamezuje vylučování uhlíku ve tvaru grafitu; působí tedy opačně než Si a podporuje vznik bílého surového železa. Z tohoto vylučuje se snadno okysličováním, které kyselá struska podporuje, zásaditá zdržuje. Mn má velikou důležitost v hutnictví jako odkysličovadlo, jelikož rozkládá kysličník železnatý, způsobující lámavost za tepla. Desoxydaci manganem zavedl Angličan R. Mushet r. 1856, tedy rok po vyskytnutí se pochodu Bessemerova, čímž nemálo přispěl k rozšíření nového zkujňovacího pochodu.

Mn stlačuje teplotu překrystalisační, t. j. teplotu, při které železo γ přechází v železo β a α a zpomaluje přeměnu tu tak mocně, že ocel se 4—6% Mn, schladlá volně na obyčejnou teplotu, není perlitická, nýbrž má strukturu osmonditickou nebo martensitickou a ocel s 10—13% Mn strukturu austenitickou. Proto pravíme, že oceli s vyšším obsahem Mn jsou samokalitelné, t. j. že kalení nastane již obyčejným ochlazením.

Kujnost ocelí, obsahujících do 0·8% C netrpí přísadou manganu není-li tato větší než 5%. Ale je-li v nich při témže obsahu uhlíku manganu přes 8% a byly-li lity při vysoké teplotě, zpracují se kováním obtížně. Mn snižuje též tvárnost; proto materiál, který má býti zpracován na základě této vlastnosti za studena, nemá ho míti přes 0·5%. Také jen nejnižší obsah manganu smějí míti plechy na dynama a transformátory. Do množství 2% zvětšuje pevnost a zvyšuje mez průtahu.

4. Vliv fosforu.

P dostává se do železa z rud, tavidla a z popelu paliva při patřičné teplotě ve vysoké peci. Se železem, v němž jest zřídka vítanou součástí, spojuje se ve všech váhových poměrech. V obchodním surovém železe vyskytuje se nejvýše do 2·5%. Snižuje bod tavení, jakož i rozpustnost uhlíku. Roztavené surové železo činí velmi řídkým, zatékajícím dobře i do nejjemnějších částí forem. Proto je požadován až do 1% v slévacím železe na tenkostěnné odlitky (hrnce a odlitky ozdobné). Z roztaveného

surového železa odstraňuje se spálením za přítomnosti velmi zásadité strusky, která váže vzniklý kysličník fosforečný, na který fosfor shořuje (zkujňovací pochod Thomasův).

Malé množství fosforu pevnost zkujněného železa něco zvýší, kdežto větší množství ji sníží. Více zvětšuje tvrdost. Velmi snižuje houževnatost, neboť podporuje vznik hrubozrnnosti a tím i lámavosti za studena. Obsah 0·1 % P tvoří mez, nad kterou plávkový materiál přestává býti upotřebitelným. V tvrdých ocelích působí nepříznivě již při 0·01 %. Zvláštnost svářkového železa, že není lámavým, má-li značně více fosforu — až i přes 0·3 % — má příčinu v tom, že značná část fosforu jest obsažena v jeho strusce. Z téhož důvodu lze svářkové železo svařiti i když má 0·4 % P, kdežto svárnost plávkového trpí již při obsahu 0·03—0·05 % této součástky. Na tvárnost za tepla P nemá vlivu v množstvích, v jakých se v technických druzích železa vyskytá. V jediném případě upotřebuje se s oblibou železa se značným obsahem fosforu — kol 0·2 % — a to na výrobu lisovaných matek, jelikož umožňuje vyříznutí čistých, hladkých závitů; přednost se dává železu svářkovému.

5. Vliv síry.

Síra dostává se do surového železa z rud a koksu. Jest nejškodlivější součástí železa. Poněvadž se ze surového železa odstraňuje obtížně, praží se již rudy ji obsahující, aby její množství kleslo. S činí surové železo hustým, líně tekoucím a po ztuhnutí bublinatým. Obsahuje-li jí 0·3 %, není již slévatelným. Je-li v něm síry přes 0·1 % nelze je zkujniti na plávkový materiál. Na pevnost nemá značnějšího vlivu, ani na tvárnost za studena, za to snižuje kujnost jakož i svárnost, činíc železo lámavým v červeném žáru. V bílém žáru lámavost přestává. Tuto umenšuje značně přítomnost manganu. S má veliký sklon k nestejnoměrnému se vylučování v odlitcích z plávkového železa a pak k vyměšování.

6. Vliv mědi.

Cu přechází do surového železa z rud; obsahují ji však jen některé. Hutnicky vyrobené železo může jí míti nejvýše 0·4 %. Poněvadž se obyčejně vyskytá v množství značně menším, jest její vliv na pevnost, tvárnost za studena i za tepla nepatrný. Dříve pokládala se za tak škodlivou součást jako S. Nyní dokázáno, že působí škodlivě toliko za přítomnosti síry. Je tedy Cu celkem indiferentní součástí železa. Také bez úspěchu zůstaly pokusy zlepšovati pevnost železa a jeho elektrické i magnetické vlastnosti úmyslnou přísadou mědi.

7. Vliv arsenu.

As způsobuje lámavost v červeném žáru jako S, avšak teprve při obsahu mnohem vyšším než jaký se vyskytuje v technickém železe (až

do 0·2 %). Totéž platí o tvárnosti za studena. Svárnost snižuje již 0·1 % As. Zdá se, že jeho špatná pověst byla přehnána.

Podobně jako As působí antimon a cín, kteréž kovy dostávají se však do železa z rud jen zřídka. Aby se do něho nedostal cín jinou cestou, na př. při výrobě plávkového materiálu ze železných odpadků (pochod Martinův), vybírají a vylučují se z nich odpadky pocínované. —

Až posud uvedené přimíšeniny jsou ve větším nebo menším množství v každém železe, přecházejíce do něho za výroby ve vysoké peci. Třeba se ještě zmíniti o látkách, které hutník přidává železu úmyslně, aby dosáhl určitých vlastností materiálu. Tak přidává na př. plávkovému železu po ukončení zkujňovacího pochodu a při jeho vylévání z pánve hliníku.

8. Vliv hliníku.

Al nedostává se do surového železa za výroby, poněvadž teplota v peci nestačí k jeho redukci. Železu přidaný se rozpouští a působí podobně jako Si, jenže mocněji. Rozkládaje rozpuštěné kysličníky železa, slučuje se s jejich O na Al_2O_3, který přechází do strusky, a železo stane se čistší, stejnorodější. Nesmí však býti přidán v nadbytku — obyčejně se ho přidává kol 0·025 % —, neboť pak snižuje tekutost kovu a zvětšuje jeho křehkost. Jelikož jest drahý, mohou se jím rozkládati toliko poslední zbytky kysličníků. Al podporuje rozpustnost plynů v železe jako Si, snižuje tedy bublinatost a omezuje vyměšování jednotlivých součástí železa. Také snižuje rozpustnost uhlíku a podporuje vylučování grafitu a to účinněji než Si. Měrná váha železa klesá o 0·12 na každé procento hliníku. Pevnost železa do obsahu 2—3 % nemění, snižuje však rychle nárazovou pevnost a stažnost. Na kujnost má vliv teprve při obsahu přes 5 %, kdežto svárnost ruší již při 0·4 %. S výhodou se přidává plechu dynamovému a transformátorovému, v němž má 1·3 % Al skoro týž účinek jako 4 % Si. —

Naznačená cesta úmyslného přidávání kovů k oceli vedla v poslední době ke zcela novému výrobnímu odvětví zvláštních neboli speciálních ocelí konstrukčních i nástrojových. Do nedávna byla uhlíková ocel, sestávající pouze ze Fe a C, hlavním materiálem na nástroje, jejíž tvrdost a houževnatost je měnitelná v širokých mezích různým obsahem C, kalením a popouštěním. Řezací nástroj z této oceli snesl jen určitou největší řezovou rychlost. Byla-li tato překročena, nástroj se ohřál odporem, vznikajícím za práce tak, že nastávalo popouštění a ostří měklo. Nástroje ze zvláštních ocelí snesou mnohem větší rychlost a takové odpory, že mohou se ohřáti až do tmavočervena a oddělovati třísky, nabíhající modře, aniž by změkly a se otupovaly. Oceli tyto nejsou jen slitinami podvojnými, jako oceli uhlíkové, nýbrž potrojnými, počtvernými i vícenásobnými, v kterých přidané kovy mohou tvořiti s C a Fe ještě i podvojné a potrojné karbidy. Vyznačují se tím, že kovy jim přidané snižují eutektoidickou teplotu (721°) tak, že nejen β-, nýbrž

i γ-železa mohou existovati při obyčejné teplotě a podržeti svou martensitickou strukturu. Popouštění dostavuje se teprve při 700—800°, kdežto při ocelích uhlíkových již při teplotě něco přes 200°. Poněvadž tyto oceli mají velikou přirozenou tvrdost, zpracují se velmi obtížně nejen za studena, nýbrž i za tepla. K tomuto musí býti ohřívány zvlášť opatrně a pozvolna, neboť špatnou vodivostí slitiny vznikají v nich snadno škodlivá vnitřní pětí.

Slitím oceli s jedním nebo více kovy a vhodnými tepelnými účinky může býti působeno na její vlastnosti v každém směru nejrůznějším způsobem. Z nejdůležitějších kovů, přidávaných oceli, buďtež uvedeny kromě křemíku a manganu Ni, Co, Cr, W, Mo, V, Ti a B.

9. **Vliv niklu a kobaltu.**

N i k l se rozpouští v železe ve všech poměrech podobně jako Mn, takže za chladnutí vznikají v každém případě tuhé roztoky. Ni může býti také v různých allotropických tvarech. Přidán v malém množství zvyšuje pevnost jenom nepatrně; poněvadž však zjemňuje krystalisaci, zvyšuje houževnatost i ve stavu vyhřátém. Zpomaluje jako Mn přechody železa γ v železo β i α a snižuje teploty, při nichž se tyto přeměny dějí. Význačné je, že zvětšuje tepelnou hysteresi, tedy rozdíly mezi překrystalisačními teplotami za chladnutí a ohřevu a to až o několik set stupňů. Slitiny Fe a Ni možno rozděliti ve dvě skupiny, jednu s méně, druhou s více než 25 % Ni. Slitiny prvé skupiny vyznačují se tím, že v jistém pásmu teplot mohou býti jednou magnetické, po druhé nikoli. Záleží na tom, zda se dospělo k teplotám těm ohřevem nebo chladnutím. Slitiny druhé skupiny vynikají některými pozoruhodnými vlastnostmi, o nichž bude učiněna zmínka při niklových ocelích. Ni snižuje teplotu tavení jenom nepatrně. Tvrdost a kalitelnost jím sice stoupne, avšak křehkost mnohem méně než by stoupla při stejném zvýšení uhlíkem. A v tomto význačném účinku tkví přednost niklových ocelí, jak se nazývají i slitiny zcela měkkého kujného železa s niklem. Ni přidává se tedy hlavně k zvýšení jejich houževnatosti. Na tvárnost za studena a tepla, jakož i na svárnost nemá vlivu.

K o b a l t rozpouští se v železe také ve všech poměrech, dávaje s ním vesměs stejnorodé tuhé roztoky. Bezuhlíkové slitiny Fe a Co jsou až do obsahu 6 % Co kujné a svárné. Potrojné slitiny s uhlíkem jsou perlitické, takže se od pouhých uhlíkových neliší, kdežto oceli niklové mohou býti perlitické, martensitické i austenitické.

10. **Vliv chromu.**

Cr je rozpustný v železe γ; bod tavení snižuje jen málo, překrystalisační pochody zdržuje a teploty jim příslušné poněkud zvyšuje. Jeho účinek na železo jest mezi účinkem niklu a manganu. Jako Mn zvětšuje

rozpustnost uhlíku v železe, jež v tuhém roztoku váže, ač ne tak mocně jako Mn a Ni. Je totiž možno martensitické chromové oceli převésti v perlitické žíháním nad teplotou Ac_3 a velmi volným ochlazením, což se u ocelí manganových nebo niklových sotva podaří. Z toho následuje, že vlastnosti chromových ocelí velmi závisí na tepelných pochodech, jimž byly vystaveny. V potrojných slitinách s uhlíkem Cr posouvá eutektoidický bod blíže k železu a při větším obsahu se slučuje s uhlíkem na podvojný karbid železa a chromu, vynikající neobyčejnou tvrdostí. Tvárnost za tepla chromem netrpí, svárnost mizí, je-li ho 0·3 %. Jako Ni zvyšuje pevnost a houževnatost, avšak mírněji. Největšího zvýšení pevnosti bez snížení houževnatosti se však dosáhne současným působením obou kovů, chromu i niklu. Prakse užívá proto častěji ocelí chromoniklových, než pouze niklových nebo chromových, k hotovení velmi namáhaných strojních součástí ve stavbě automobilů, výbušných motorů, kuličkových ložisek a pod. Cr společně s W nebo Mo je stálou součástí všech samokalitelných i rychlořezných ocelí. Chromová ocel hodí se též na stálé magnety.

11. **Vliv wolframu a molybdenu.**

W o l f r a m nemá vlivu na tvárnost za tepla. Snižuje však vodivost tepla, takže wolframové oceli nutno ohřívati velmi pozorně, aby nevznikly v nich trhliny. Jejich kujnost a svařitelnost je ještě horší než ocelí chromových. Svárnost mizí při obsahu 0·2 % W; leč chrání-li se ohřívané části svářecím prostředkem, možno svařiti oceli i s vyšším obsahem wolframu. W jest z nejtvrdších kovů. Působí celkem jako Cr, zjemňuje krystalisaci a zvyšuje tvrdost. Pevnost a mez průtahu zvětšuje, avšak mírněji než Cr, a také snižuje mírněji prodloužení a stažnost. V samokalitelných ocelích bývá ho až k 25 %. Pozoruhodný jest jeho vliv na magnetické vlastnosti. Oslabuje sice maličko magnetickou propustnost, za to však zvyšuje magnetickou remanenci a koercitivní sílu, vlastnosti to stálých magnetů, zvláště za přítomnosti uhlíku.

M o l y b d e n působí na vlastnosti oceli podobně jako W, jenže účinněji v poměru menší atomové váhy.

12. **Vliv vanadia a titanu.**

V a n a d působí na železo v dvojím směru. Předně rozkládá poslední zbytky rozpuštěných kysličníků, neboť jest výborným odkysličovadlem jako Mn a zamezuje vyvinování plynů v tuhnoucích slitcích; podporuje tedy také získávání hustých, plných odlitků. Za druhé působí na vlastnosti oceli, zvláště na její pevnost, a to mnohem účinněji než Ni. Kromě svárnosti, kterou snižuje, nemá nepříznivého vlivu na zpracovatelnost. K výrobě nástrojových ocelí upotřeben byl teprve v posledních letech. Ač tedy jeho vliv na ocel jest příznivý, užívá se v Evropě k hotovení konstrukčních ocelí přece jen zřídka, ježto jest drahý, avšak v Americe hojně.

Titan nezvyšuje pevnosti, za to poněkud mez pružnosti. Přidán v malých množstvích působí jako prostředek odkysličující a snižující bublinatost.

13. Vliv boru.

Bor zvyšuje v zakalených ocelích neobyčejně pevnost a mez průtahu, aniž by v témže poměru snižoval tažnost a kontrakci. Tak na př. ocel s 0·17% C a 0·58% boru měla po vykování a žíhání pevnost 46 *kg* na 1 mm^2 a 11% prodloužení, kdežto po zakalení pevnost 120 *kg* při 2·7% prodloužení. Zakalenou bylo možno dobře zpracovati. Jiná ocel, jejíž pevnost po vyžíhání byla 39·6 *kg* a mez průtahu 20·2 *kg* na 1 mm^2, měla po zakalení pevnost 147·5 *kg* a mez průtahu 100 *kg* na 1 mm^2, při čemž 27% prodloužení kleslo na 6·5% a 55% stažnost toliko na 30·6%. Nejnověji poznáno, že žhavé železo přijímá bor jako uhlík, takže může býti právě tak „borováno“ jako cementováno. —

Konečně mají na vlastnosti železa vliv i plyny, které mohou v něm býti rozpuštěny nebo jen mechanicky drženy.

14. Vliv kyslíku a dusíku.

Železo vyskytuje se v přírodě sloučeno převážnou většinou s kyslíkem. Za výroby se ho zbavuje, přijímajíc jiné látky a ty, které jsou škodlivé, odstraňují se z něho zase kyslíkem. Suchý O za obyčejné teploty na železo nepůsobí. Působiti počne teprve při teplotě kol 220°. Kovově čistý povrch železa pokrývá se jemnou, světležlutou vrstvou kysličníku; železo nabíhá. Stoupáním teploty mění se barva oxydu, jelikož jeho tloušťky přibývá. Za vyššího ohřevu tvoří se na žhavém železe okuje. I roztavené železo se okysličuje. Vzniklý oxyd jest v něm částečně rozpustný a způsobuje dle náhledů dosud všeobecně platných lámavost v červeném žáru. Nutno tedy při výrobě plávkového železa bedlivě dbáti jeho odstranění tak zv. desoxydací. Na vlhkém vzduchu a vlivem kyselin železo se okysličuje rychle, pokrývajíc se rzí. Přítomnost síry rezavění podporuje, přítomnost niklu je zamezuje. Zinkový povlak chrání železo před rezavěním i tehdy, je-li poškrábán, kdežto cínový jen potud, pokud jest neporušen. Podobný pochod jako rezavění je korose, jíž podléhá železo vystavené styku s kapalnými nebo plynnými látkami, obsahujícími kyslík, ať pochod ten jest přímý nebo elektrochemický.

Dusík zaujímá as 10% veškerých plynů v železe obsažených. Zvyšuje bublinatost a působí nepříznivě na houževnatost. Některá odkysličovadla, na př. titan, jej ze železa odstraňují.

15. Vliv vodíku.

H působí nepříznivě. Zvětšuje na př. křehkost mořeného drátu nebo plechu. Také zaviňuje velkou křehkost elektrolytického železa, které ho obsahuje značné množství. V obou případech křehkost mizí mírným žíháním. Též jí ubývá, ovšem že pomaleji, leží-li železo obsahující vodík,

delší dobu na vzduchu. Vodík jest pohlcován nejen pevným, nýbrž i tekutým železem. Jeho rozpustnost stoupá s teplotou. Klesá-li tato, vodík zase prchá a způsobuje zároveň s N, CO, někdy i s CO_2 děrovitost, bublinatost plávkového železa. Jelikož plyny ty vylučují se za vysokých teplot, kdy mají veliké objemy, jest zřejmo, že po schladnutí železa bude jejich napětí v dutinách menší než napětí atmosférického vzduchu.

III. Z historie výroby železa a o domácím železářství.

Podle novějších badání se soudí, že v zemích, v nichž vyskytovaly se dobré rudy, bylo železo známo dříve než bronz a měď, poněvadž vyžadovalo ke své výrobě méně práce a menších znalostí hutnických. Tehdejší železo bylo svářkové, vytavené přímo z rud. Jakmile poznán bronz, dávána mu ovšem přednost pro jeho výhodné vlastnosti.

Na pradávnou znalost železa v Egyptě možno souditi již z toho, že šestý nástupce Menesa, prvého historického krále země, jenž vládl kolem r. 3900 před Kr., zval se Mybempes, t. j. přítel železa. Na nástěnných obrazech hrobek z doby V. dynastie jsou zbraně, lodní kování a pod. malovány modře. Poznatky tyto potvrzují i archeologické nálezy, neboť na př. nejstarší úlomek železa, as 150 *mm* dlouhý, 50 *mm* široký, chovaný v britském museu, nalezl r. 1837 Angličan Hill při prostřelování chodby ve velké pyramidě Cheopské ve spáře mezi dvěma kvádry. (Prvou pyramidu postavil třetí nástupce Menesův.) Také nejstarší písemné památky historických národů obsahují skorem vesměs zmínky o železe; tak na př. posvátná kniha Indů Rigveda, psaná kolem r. 3000 před Kr., zná kovy a mluví o železe jako o obyčejné věci, čínský Yuking z doby kolem 2300 před Kr., rozlišuje již železo od oceli a též v knihách Mojžíšových, napsaných brzy po odchodu Židů z Egypta (kolem 1530 př. Kr.), mluví se o železe jako o známém kovu; Tubalkain, potomek Kainův v šestém koleně, nazývá se mistrem v rudě a všelikém železném díle. V Homérově Odyssei, z doby kolem r. 1000 př. Kr., popsáno kalení oceli.*)

Za časů světovlády římské kvetla výroba železa v provinciích bohatých rudami, hlavně ve Španělsku, Gallii, Anglii, Korutanech, Štýrsku i na Rýně. Prvými pecemi k výrobě železa byla buď otevřená, půlkulová ohniště nebo byly to nízké válcové peci, dávající pouze několik *kg* výrobku. Žár dociloval se původně jen přirozeným tahem vzduchu, větrem, později jednoduchými, také již odedávna známými měchy, uváděnými v činnost šlapáním. Tento nejjednodušší způsob výroby, trvavší od nejdávnějších dob až do konce středověku, tvoří prvou periodu ve

*) Bližší viz v pětisvazkovém díle: Beck Ludw. Dr., Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung, 2hé vydání, Brunšvík, 1891—1901.

výrobě železa. Rudy byly zpracovány buď hned na nalezišti nebo v jeho nejbližším okolí.

Ve 14. století počalo se užívati k pohonu měchů vodní síly (mlýny byly jí hnány již v dobách Julia Caesara). To mělo za následek zřizování hutí poblíže vodních toků, k nimž rudy musily býti většinou přiváženy. Pohon měchů vodou umožnil tlačiti do peci více vzduchu, výše napiatého, vyvinouti tedy větší žár. Snaha po dokonalejším využitkování tepla a po zvětšení výroby vedla k zvyšování dosavadních nízkých pecí. Ve zvýšených nastala úplná redukce a místo těstovitého kusu zkujněného železa obdrželo se tekuté surové železo. Tak vznikla výroba surového železa, v prvé periodě neznámého.

Tekutost surového železa využitkována k jeho zpracování sléváním. Brzy se poznalo, že opakovaným přetavováním odpadků, vznikajících za slévání, mění se jejich vlastnosti, že totiž surové železo přechází ve zkujněné. Poznání to způsobilo, že upuštěno od dosavadní výroby zkujněného železa přímo z rud a nastoupena nová cesta. Charakteristické známky této druhé periody ve výrobě železa, počínající koncem středověku a trvající až doprostřed 19. století jsou: redukce rud ve vysokých šachtových pecích palivem, tavidlem a vháněným napiatým vzduchem na surové železo a zužitkování tohoto částečně přímo sléváním, částečně k výrobě svářkového zkujněného materiálu ve zvláštních zkujňovacích pecích. Přímá výroba zkujněného železa z rud ustupovala potom víc a více do pozadí, ale zcela nevymizela ani dodnes, neboť se vyskytá dosud u některých národů s prvotní kulturou. Výroba litinového zboží otevřela železu nové, velmi rozsáhlé pole odbytu.

Do druhé výrobní periody železa spadá mnoho dalekosáhlých vynálezů, zvyšujících vesměs spotřebu železa a tím i rozvoj hutnictví. Tak na př. výroba železa byla po dlouhé doby vázána dřevěným uhlím. Stoupajícím zalidněním mizely lesy a nastával jeho nedostatek. Tlakem poměrů podařilo se v 18. století nahraditi dřevěné uhlí minerálním a to nejdříve při výrobě surového železa, potom, ke konci tohoto století, i při výrobě zkujněného materiálu.

Neméně důležitým pro rozvoj hutnictví byl vynález parního stroje v druhé polovici 18. století. Prvý chodu schopný parní stroj byl sice postaven již r 1706 Denis Papinem v Kasselu, ale všeobecněji se rozšířil teprve po zdokonaleních, provedených r. 1769 James Wattem. Huti přešly rychle k nové hnací síle místo vody. Zbavily se tak pout, jimiž byly vázány na toky a omezovány ve své velikosti, ve svém vzrůstu velikostí vodní síly, jsoucí k disposici a zakládány tam, kde byl dostatek rud i uhlí. Velikost jejich určoval jedině odbyt zboží. Zaváděním parních strojů stoupala i spotřeba železa, průmyslová činnost mohutněla a kladla stále větší a větší požadavky na výkonnost hutí i na jakost jejich výrobků.

A přece nebyl by vývoj železářství pokračoval tak rychle, kdyby nebyl po vynálezu parního stroje následoval v 50 letech, totiž r. 1825,

vynález lokomotivy. Důsledkem rozmnožování železniční sítě stoupala od tohoto roku stále spotřeba železa nejen na kolejnice, nýbrž i na jiná železniční zařízení. Dráhy samy, umožňujíce dopravu hutnických surovin jakož i železářských výrobků na značné vzdálenosti za poměrně nízké ceny, získávaly železu nová a nová odbytiště. Obraz o rychlém stoupání spotřeby železa od této doby podávají tato čísla:

roku 1800 činila světová výroba železa	825.000 *t*,
„ 1850, tedy as 20 let po postavení prvé železnice,	4,750.000 „ a
„ 1900 již	41,000.000 „ ,

takže se roční výroba během 19. století 50kráte zvětšila.

Třetí perioda ve výrobě železa počíná dobou, kdy se objevuje železo plávkové. (Pochod Bessemerův.) Plávková kelímková ocel vyráběla se sice v malých množstvích již v 18. stol., avšak hromadná výroba plávkového materiálu byla možna teprve po vynalezení nových, lacinějších pochodů. Za hranici mezi II. a III. výrobní periodou železa možno považovati rok 1860. V III. periodě podržela výroba sur. železa svůj význam, neboť jako v II. tak i nyní jest sur. železo prvým výrobkem z rud a z něho obdržuje se zkujněné plávkové teprve dalšími pochody. Plávkové železo, vynikajíc určitými přednostmi, jakož i lacinější výrobou, počalo vytlačovati svářkové. Pozvolna měnil se poměr vyrobených množství obou druhů železa ve prospěch železa plávkového. Výroba železa svářkového klesala a činila před válkou již jen malý zlomek výroby železa plávkového; po válce byla v některých státech i zcela zastavena. Huti na výrobu plávkového materiálu nazvaly se ocelárnami.

Vlivem této nové doby nastaly i ve výrobě litinového zboží důležité převraty. K slévacímu sur. železu přibyla plávková ocel. Její slévání je sice obtížnější, ale odlitky jsou pevnější, trvanlivější, ovšem i dražší. Jejich potřeba rok od roku stoupá, takže plávkove železo nabylo i v tomto oboru velikého významu.

Tak stalo se železo za tisíceletí nejdůležitějším a nejméně postrádatelným kovem. Že tomu skutečně tak jest, vysvitne nejlépe porovnáním světové výroby železa se světovou výrobou ostatních kovů. Roku 1913 bylo vyrobeno:

surového železa	okrouhle	79,300.000 *t*
surového olova	„	1,186.700 „
mědi	„	1,005.900 „
zinku	„	997.900 „
cínu	„	128.900 „
hliníku	„	68.200 „
niklu	„	30.600 „
stříbra	„	7.000 „
rtuti	„	4.200 „
zlata	„	700 „

Z uvedených čísel plyne, že váha ročně vyrobeného sur. železa jest as 22kráte větší než váha všech ostatních kovů, včetně i těch, jichž výroba udána není. Budiž ještě připojeno, že i jeho cena přesahuje cenu všech ročně vyrobených kovů se zlatem a stříbrem dohromady, ač železo jest kovem nejlacinějším. Tak velikého významu dosáhlo svými výbornými vlastnostmi, zvláště svou pevností, snadnou zpracovatelností, jakož i tím, že jeho rudy, poměrně lehce redukovatelné, jsou rozšířeny v hojnosti na celém povrchu zemském.

Podíl jednotlivých zemí na světové výrobě sur. železa v roce 1913 byl:

Spojených Států	okrouhle	31,462.000 *t*
Německa s Lucemburskem	,,	19,292.000 ,,
Velké Britanie a Irska	,,	10,650.000 ,,
Francie	,,	5,207.000 ,,
Ruska	,,	4,557.000 ,,
Belgie	,,	2,485.000 ,,
Rakousko-Uherska	,,	2,381.000 ,,
Kanady	,,	1,031.000 ,,
Švédska	,,	730.000 ,,
Italie	,,	427.000 ,,
Španělska	,,	425.000 ,,
Indie a Australie	,,	47.000 ,,
Ostatních zemí	,,	606.000 ,,
	Úhrnem	79,300.000 *t*

Vzrůst výroby sur. železa prvých pěti států, stojících v popředí svou výrobou, a býv. Rakousko-Uherska v době od r. 1860 do posledních let znázorněn graficky na tab. 6.

Po dlouhá léta Anglie zaujímala vůdčí místo, neboť vyráběla mnohem více než každá z ostatních zemí. Po prvé, byť i jen na krátko, předstihly ji Spojené Státy roku 1890, po druhé, a to již trvale, roku 1895. Čára udávající jejich výrobu stoupá nejrychleji, ale nikoli stejnoměrně, nýbrž za prudkých skoků, odpovídajících dobám dobré konjunktury a dobám hospodářských poklesů. Největší výše dosáhla za války, kdy výroba v ostatních zemích, ve válce zúčastněných, vesměs poklesla, v Belgii vůbec ustala. Mnohem stejnoměrnější průběh má výrobní křivka Německa, také rychle stoupající a předstihující křivku Anglie roku 1904. Jelikož vyrobené množství železa jest při jeho významu zároveň měřítkem průmyslového vývoje, byl fakt tento nesporně jednou z příčin poslední války. Od let 90tých min. století počala rychleji stoupati také výkonnost Francie, takže předstihla Rusko roku 1903; mírem versailleským získala Francie tři čtvrtiny rudných loží Německa.

Rozsah, jakého výroba železa dosáhne v té neb oné zemi, závisí na bohatosti ložisek železných rud a uhelných pánví, zvláště kamenouhelných. Nejvýhodnějším pro něj jest, má-li země obě suroviny a to v úplné blíz-

kosti. Není-li tomu tak, budou podmínky rozvoje železářství tím příznivější, čím země má příhodnější polohu pro dopravu jedné nebo druhé suroviny a čím dokonalejší jsou její dopravní prostředky. V tomto případě prokazují nejlepší služby moře, jezera, řeky a kanály. Železné dráhy nehodí se dobře k dopravě laciných hutnických surovin, jichž je třeba veliké množství, neboť je zdražují.

Na kterých místech zakládají se huti a železárny? Tam kde rudy a uhlí nenalézají se na témže místě, zakládají se huti buď poblíž uhelných dolů, a rudy se přivážejí, nebo naopak. Prvý případ je častější. Volí se hlavně tehdy, nemá-li býti železo vytavováno z jediného druhu rudy, nýbrž z více druhů, které se vyskytují na místech od sebe vzdálenějších. Též obyčejně v okolí uhelných dolů je průmyslová činnost značněji vyvinuta a dopravní prostředky jsou více rozvětveny, kteréž okolnosti zlepšují odbytní poměry železáren. Proto jsou v zemích, jichž výroba železa se opírá o přítomnost uhlí, větší železárny přímo v uhelných pánvích. Čím rudy jsou bohatší železem, tím snáze snesou dopravu na větší vzdálenosti. Příkladem železáren, založených na podobných úvahách, jsou huti ve Vítkovicích, mající své uhlí, ale přivážející rudy hlavně ze Slovenska, z Uher a ze Švédska, a huti v Třinci.

Jinaké budou poměry, má-li železo býti vytavováno z jediného druhu rudy nebo sice z rud rozličných, ale vyskytujících se docela v blízkosti. Pak rozhoduje okolnost, že k výrobě určitého množství surového železa jest podle váhy třeba menšího množství uhlí než rud. Proto budou výlohy za dopravu uhlí nižší, když zpracují se rudy na místě a uhlí se přiváží. Z těchto důvodů povstaly huti také poblíže rudných ložisek; příkladem jsou huti Alpinské montanní společnosti.

Konečně, ač ojediněle, vyskytují se huti vzdálené jak nalezišť rudných, tak uhelných dolů, takže nutno přivážeti obě hlavní suroviny. Ale potom leží vždy na místech příznivých dopravě surovin: u moře, u jezer nebo na splavných řekách. Charakteristickým příkladem jsou huti v Servole u Terstu nebo v Kielu.

Nejpříznivější podmínky pro rozvoj hutnictví a železářství mají Spojené Státy severoamerické a Anglie, pak Německo, ačkoli tam vyskytují se obě suroviny již řidčeji v přímém sousedství než ve státech výše jmenovaných. V Československé republice jedině pánev kladenská leží nedaleko důležitého rudného naleziště u Nučic. Ale kladenské kamenné uhlí nehodí se ke koksování (ve vysoké peci topí se koksem). Dále trpí naše hutnictví nedostatkem laciných vodních cest. Huti jsou většinou dobře zařízeny a výrobky těšily se na světovém trhu nejlepší pověsti. Ač máme důležitá rudná lože, hlavně v Čechách a na Slovensku, přece přivážena byla k nám před válkou ruda a to hlavně ze Štýrska a ze Švédska.

Přehled rudných nalezišť republiky Československé podává mapka na tab. 7. Obr. II. znázorňuje ve větším měřítku, než v jakém kreslen

obr. I., rudnou pánev středočeskou, obr. III. oblast východoslovenskou. V mapce zaneseny jsou také huti a železárny, pokud se o nich činí v dalším zmínka. Zjištěné zásoby železných rud republiky možno odhadovati na 92·9 milionů *t*, pravděpodobné na 308·9 milionů *t*.

V Čechách vyniká bohatstvím železných rud středočeská pánev silurská, jejíž pásmo *D d 1* s pododděleními a pásma *D d 3*, *D d 4* jsou rudonosná. Pásma komárovské (*D d 1* β) a osecko-kváňské (*D d 1* γ) mají celkem malý význam; nepoměrně cennější jsou pásma vrstev záhořanských (*D d 3* a *D d 4*) s důležitým rudným ložem nučickým, odkrytým kolem r. 1850. U Nučic, kde lože vycházelo až na povrch a bylo nejmocnější — dosahovalo až 18 *m* tloušťky proti průměrné síle 8 *m* — zapadá k jihovýchodu příkře do hloubky, jinde ploševji, a jest na několika místech přerváno. V pruhu nučickém byla ruda dobývána nejdříve povrchově, nyní, kdy lože jest značně vyčerpáno, dobývá se z hloubky hornickým způsobem. Pevně zjištěné zásoby rudy vystačí ještě na 20 let, kdyby se stejně těžilo jako před válkou. Rudy, chamosity a jich zvětráním vzniklé hnědele, nejsou sice železem bohaté, ale snadně těžitelné a zpracovatelné. Doly v oblasti nučické u Jinočan, Nučic, na Krahulově a u Chrustenic otvírají lože v délce as 8 *km*. Známo jest však jeho pokračování severovýchodním směrem až přes Jinonice u Prahy a na druhé straně směrem jihozápadním přes Lodenice, kde se náhle ztenčuje, Vráž, Beroun až ke Knížkovicům za Zdicemi, tedy celkem v délce as 40 *km*. Na Hroudě u Zdic, kde lože dosahuje znovu mocnosti 11 *m*, se ruda zase povrchově těží. Mezi oběma hlavními nalezišti, u Nučic a na Hroudě, bylo otevřeno jenom několik kutišť, zvláště u Záhořan, Černína a Trubína.

As polovina rudy vytěžené v pásmu nučickém pražila se na místě a pražená vozila do hutí v Králově Dvoře u Berouna, kde není pražíren, kdežto druhá polovina dopravovala se nepražená do hutí na Kladně. Později, kdy celé lože i obě huti staly se majetkem téže společnosti, přibíralo si Kladno dle potřeby i část rud pražených v Nučicích. Za války bylo pražení na Kladně zcela zastaveno a vozí se i tam jenom ruda pražená. Rudu dobytou na Hroudě a tamtéž praženou dopravuje lanová dráha přímo do Králova Dvora.

Ruda z pásem *D d 1* β a *D d 1* γ těží se dnes toliko na Krušné Hoře u Nového Jáchymova a pak u Kyšic a Klabavy na Rokycansku. Na Krušné Hoře dobývána byla již v nejdávnějších dobách. Za Karla IV. zpracovala se v Karlově huti u Berouna, z kteréžto huti vyvinuly se nynější huti a železárny v Králově Dvoře. Vytěženou rudu — seménkový krevel s průměrným obsahem 33% Fe — dopravuje nyní do těchto hutí také lanová dráha. I na Rokycansku těží se ruda od staletí. Bylo z ní vytavováno železo v hutích dnes vesměs zaniklých. Základní hmota rudy klabavské jest chamosit, kyšické, krevel.

Nejnověji otevřeno bylo rudné lože u Chvaletic mezi Labskou Týnicí a Přeloučí, kde dobývá se kromě hnědelu a jiných železných rud též pyrolusit, ruda manganová, s 45—47% Mn.

Kromě jmenovaných loží vyskytuje se železná ruda v Čechách ještě asi na 58 místech, aniž by však byla kde ve větším rozsahu těžena.*) Množství rudy získané z jiných ložisek než z nučického (roku 1913 — 981.588 *t*) jest celkem nepatrné.

Rudná lože na Moravě a ve Slezsku nemají kromě lože chabičovského u Šternberka, obsahujícího magnetit, limonit i chamosit, značnějšího významu.

Za to jsou mocná a rozlehlá lože železných rud na Slovensku. Kromě ojedinělých nalezišť v okolí Lučence a Brezové vyskytují se hlavně ve východní části slovenského Rudohoří, v oblasti mezi řekami Rimavou a Hernadem, v župě gemerské, spišské a z části v abaujturňanské. Převládající rudou jest ocelek v žilách 20 až 30 *m* mocných a 4—5, ba i 8—10 *km* dlouhých, řidčeji ve shlucích. Bývá provázen haematitem a rudami měďnatými (chalkopyritem) po případě rtuťovými (tetraedritem); u povrchu zemskeho změněn jest v hnědel. Obsahuje průměrně 35%, po pražení 48—52% Fe. Před pražením se rudy upravují oddělením hlušiny a rudy měděné, které bývá v žilovině kolem 1—3%.

Hlavní výskyty rudy v župě gemerské jsou: Železník, Sirk, Turčok, Rákoš, Nandráž, vesměs západně od Jelšavy, pak Štítník, Dobšiná a Rožňava, v jejímž okolí kromě četných menších jsou větší naleziště: Rudník, Krásná Hôrka, Drnava, Betliar, Nižná Slaná.

Ve spišské župě těží se ruda v Koterbachách (bohatá rtutí), u Markušovců (kdež doluje Oberschlesische Eisenbahn-Bedarfs A. G.), ve Vondrišelu (těží Oberschlesische Eisenindustrie A. G. v Hlivici), v Bindu a Závadce, vesměs jihovýchodně od Spišské Nové Vsi, a pak východněji ve Slovince s Krompachy, Gelnici, Žakarovcích — Máriahuti a j.

V župě abaujturňanské jsou doly ve Vyšném Medzevu a Jasově.**) — V Podkarpatské Rusi těží se něco rudy v Bilki (východně od Munkačeva) a okolí.

---

*) Podrobný výčet výskytů železných rud viz v záslužném spise Jos. Hrabáka: Železářství v Čechách jindy a nyní, Praha, 1909; výskytů ostatních rud ve spise téhož autora: Hornictví a hutnictví v království Českém, Praha, 1902. Dále viz:

Kettner Radim Dr., Z novějších výzkumů o rudných nalezištích v Čechách, Hornické a Hutnické Listy, Praha, 1917 a

Tertsch H., Die Erzbergbaue Österreich-Ungarns, Vídeň, 1918.

**) Bližší viz: Tertsch H., Die Erzbergbaue Österreich-Ungarns, Vídeň, 1918 a Ungarisches Montan-Handbuch, Budapest, 1914.

Nejdůležitější a nejvýznačnější rudné lože celého bývalého Předlitavska bylo lože ocelku na štýrské Rudné hoře (Erzberg), ležící mezi městy Vordernberkem a Eisenerzem, nedaleko Lubna, kde dolováno již ve starověku. Kryje úbočí, obrácené k Eisenerzu a sahá od úpatí hory až k jejímu vrcholu, dostupujícímu 1537 *m* nadmořské výšky. Dole má rozsah, šířku, as 1000 *m*, a výšku 730 *m* s vodorovnou mocností 160—200 *m*. Ruda dobývá se povrchově; proto lože rozděleno na 58 stupňů, většinou 13 *m* vysokých.*) Lože toto dodávalo as 65% veškeré v Předlitavsku těžené rudy. U nás přidává se tato ruda k rudě nučické, má-li býti vytavováno slévací železo. Vyniká tím, že jest skoro zcela prosta fosforu a síry. Neméně proslavené jest lože ocelku na korutanském Hüttenberku.

Železářský průmysl v býv. Rakousko-Uhersku tvořil tři veliké skupiny: Prvou, nejrozsáhlejší v zemích alpských, Štýrsku, Korutanech, Krajině, Tyrolsku, Horních a Dolních Rakousích, druhou v zemích koruny české a třetí v zemích karpatských, Uhrách, Haliči, Sedmihradech, pak v Bosně a v býv. Vojenské Hranici. V dřívějších dobách bylo Štýrsko v popředí zemí, vyrábějících železo; později zaujaly jeho místo Čechy, Morava a Slezsko.

Naše největší huti a železárny, patřící firmě Vítkovické horní a hutní těžířstvo (Witkowitzer Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft), jsou ve Vítkovicích u Mor. Ostravy. Byly založeny r. 1829 arcibiskupem olomouckým Rudolfem. R. 1913 zaměstnávaly v železárnách a v dolech na železnou rudu 20.650, v kamenouhelných dolech 10.800, dohromady 31.450 dělníků, dozorců a úředníků. Mají 8 vysokých pecí (4 ve Vítkovicích a 4 v Žofiině huti v Mor. Ostravě). R. 1913 vytavily 510.300 *t* sur. železa. Těžířstvu patří kromě 10 kamenouhelných dolů v pánvi ostravsko-karvínské se dvěma koksovnami (209 pecí) doly na železnou rudu v Koterbachách na Slovensku (r. 1913 vytěženo 189.700 *t* rudy a 92·5 *t* rtuti), v Rudobáni v Maďarsku (r. 1913 s těžbou 394.960 *t*), pak v Koskullskulle u Gellivary v sev. Švédsku (211.400 *t*), v Haksberku u Ludoviky ve středním Švédsku, v Kamínkách a Chabičově na Moravě. Kromě hutí a oddělení k extrakci mědi z kyzových výpalků mají vítkovické závody tyto hlavní výrobní obory: Slévárny litiny a oceli, ocelárny, válcovny, strojírnu, mostárnu, kotlárnu, válcovnu trub, svařovnu vodním plynem a elektrickým proudem, vápenku, šamotárnu a j. Výroba svářkového železa pudlováním byla za války zastavena; taktéž bylo zrušeno zkujňování v konvertorech.

Pak následují závody Pražské železářské společnosti (Prager Eisenindustrie-Gesellschaft). K těm patří především huti na

---

*) Bližší viz: Der steirische Erzberg. Zum heutigen Stand der Arbeiten. Stahl u. Eisen, 1912, str. 297. Redlich Karl, Der steirische Erzberg, Lubno, 1916.

Kladně (4 vysoké peci, ocelárna se směšovačem a 4 konvertory po 16 *t*, 5 Siemensových a Martinových pecí po 28 *t*, válcovny a slévárny), založené r. 1852 k využitkování uhlí z kladenských dolů, odkrytých r. 1846. Podnik zvaný původně Vojtěšskou hutí proměněn byl v dnešní akciovou společnost r. 1857. Potom patří Pražské železářské společnosti huti v Králově Dvoře u Berouna (4 vys. peci, ocelárna se 2 konvertory, slévárny a válcovna jemného plechu), kde stávala vysoká pec již v době Karla IV. Moderní Karlovu-Emilovu huť založil r. 1870 kn. Fürstenberg. Tato přešla r. 1884 v majetek Teplické válcovny a pak Pražské železářské společnosti. Dalším majetkem společnosti jsou železárny ve Staré Huti u Berouna (pudlovna a válcovny jemného i středního zboží), doly na železnou rudu v pruhu nučickém s 94 pražicími pecemi, potom na Hroudě u Zdic, na Krušné Hoře, v Chvaleticích v Kladrub, dolomitové lomy u Chuchle, vápencové lomy (Mořiny, Kozolupy, Hostín, Srbsko a Tetín) a továrna na mletí Thomasovy moučky v Bubenči.*) R. 1911 vytavily obě huti 350.000 *t* sur. železa. Počet zaměstnaných ve všech závodech před válkou byl as 15.000.

K závodům Báňské a hutní společnosti (dříve Österr. Berg- und Hüttenwerks-Gesellschaft) patří huti v Třinci u Těšína (4 vys. peci, ocelárna se 6 Martinovými pecemi, válcovny, slévárny, strojírna), jež r. 1911 vytavily 117.400 *t* sur. železa, Karlova Huť u Frýdku (válcovna a mostárna), závod ve Fryštátě, Ustroň v Polském Těšínsku (továrna na šrouby), Uherská Horka v Haliči (slévárny), uhelné doly v Karviné a v Petřvaldě a rudné doly Žakarovcích-Máriahuti, Bind a Závadka na Slovensku. Zaměstnaných as 12.500.

Sobotínsko-Štěpánovské horní a hutní akc. společnosti (Zöptauer und Stefanauer Bergbau- und Eisenhütten-Aktiengesellschaft) příslušejí huti ve Štěpánově u Olomouce (vys. pec, slévárna, strojírna a kotlárna), závod v Sobotíně (slévárna, válcovna, kotlárna), v Rejpoticích (tažení drátu, továrna na drátěné hřebíky a šroubárna) a doly na železnou rudu v Chabičově. Společnost zaměstnává as 1500 dělníků.

Železárny firmy C. T. Petzold a spol. v Komárově u Hořovic (2 vys. peci, slévárny, smaltovny), s 1200 dělníky, vytavily r. 1911 as 8000 *t* slévacího železa. Vytavovaly je dřevěným uhlím k přímému lití tenkostěnných odlitků, hrnců, van a pod. Za války přeměněna byla jedna z pecí na topení koksem. Komárovské huti jsou z nejstarších v Čechách. Počátky dobývání železa v jejich okolí kladou se do 9., ba až do 8. století; prvá určitá zpráva pochází z doby Václava IV.

Koncem roku 1912 uvedena byla v činnost vysoká pec firmy A. Hahn v Bohumíně ve Slezsku, kteréž firmě patří i tamější válcovny trub.

---

*) Právě se zrušuje a přenáší na Kladno.

Na Slovensku vyrábějí sur. železo závody:

Rimamuráňská železářská akciová společnost (Rimamurány-Salgótarjáner Eisenwerke A. G.) v Likieru, těžící ročně as 458.000 *t* rudy v dolech Vyšný Medzev, Jasov, Rákoš, Sirk, Turčok, Rožňava a v několika menších (Krásná Hôrka, Betliar, Nižná Slaná, Dobšiná) má 3 koksové vys. peci v Likieru (2 nepracují) s roční výrobou 29.000 *t* sur. železa, pak staré dřevouhelné peci v Hnúšti a Drnavě, dávající po 5000 *t* sur. železa ročně. Kromě těchto závodů na Slovensku má společnost v Maďarsku velké huti v Ózdu (4 vys. peci, 10 Martinových a válcovny tvarového železa), válcovnu plechu v Nádošti, válcovnu, slevárnu oceli, drátovnu a strojírnu v Salgótarjánu a jsou na ní závislé železárny pohernadské společnosti, jakož i válcovna plechu Union ve Zvoleni.

Pohernadská železoprůmyslová akc. společnost (Hernádtaler Eisenwerke A. G.) v Krompachách má rudné doly ve Slovinkách a Krompachách, 2 koksové vys. peci s roční výrobou 82.000 *t* sur. železa, ocelárnu (5 pecí Siemensových a Martinových) a válcovnu jemného až hrubého tvarového zboží. (Železárny se právě ruší.)

Československé republice náleží huti v Tisovci s jednou koksovou vys. pecí (24.000 *t* sur. železa ročně) a s jednou dřevouhelnou (nepracuje). Rudu těženou ve státních dolech v Železníku dopravuje do hutí lanová dráha, 15·2 *km* dlouhá. Dále má stát doly u Rožňavy, Dobšiné, Štítníku a Jelšavy. V Podbrezové jsou státní železárny, bez hutí, k nimž patří ocelárna (7 Martinových pecí), válcovny tvarového železa, jemných i hrubých plechů, válcovna se svařovnou trub a v Hronci slevárna šedé litiny, lisovna plechového zboží a smaltovna.

Kromě jmenovaných velkých hutí jsou na Slovensku ještě menší:

Filipa Coburga horní a hutní závody, akc. spol., v Trnavě (Hg. Philipp Coburg'sche Berg- und Hüttenwerke A. G.), jimž patří doly v Dobšiné a 2 vys. peci ve Ztracené, potom huti a slevárny v Chyžné (3 vys. peci), rudné doly v Chyžné, Nandráži a Rákoši, malá starší ocelárna a válcovny jemného i středního plechu v Pohorelé a nově postavené železárny s válcovnami v Trnavě.

Město Dobšiná má na svém rudném území doly a malou vys. pec s roční výrobou 3700 *t* sur. železa.

V Prakovcích jest malá ocelárna akc. společnosti železářských a ocelářských závodů (dříve hr. Csákyho) s vys. pecí (nepracuje), slevárnou a kovárnou.*)

---

*) Číslo 11. Zpráv Hospodářské zpravodajské stanice při státním úřadě statistickém z 15. července 1922 udává, že v republice Československé je celkem 27 vysokých pecí. Ve skutečnosti jest jich více, jak plyne ze srovnání tohoto čísla s předcházejícím soupisem hutí. V počtu tom jsou zahrnuty toliko peci na Kladně a v Krá-

Podle množství vyrobeného železa následovaly v býv. Předlitavsku po zemích českých země alpské. Tam je největším podnikem Rakouská alpinská montanní společnost (Österreich. Alpine Montangesellschaft), která má hnědouhelné doly ve Fohnsdorfě, Köflachu, Münzenberku, Seegraben a kamenouhelné v Orlové na Těšínsku, rudná lože na Erzberku a Hüttenberku, vysoké peci ve Vordernberku (2 dřevouhelné), v Donavicích u Lubna (5 koksových), v Eisenerzu (2 koksové) a v Hieflau, Martinovy peci v Donavicích a v Neuberku, rafinační závody v Donavicích, Kindberku, Neuberku, Zeltwegu a zaměstnává celkem as 10.000 dělníků. —

IV. Výroba surového železa.

1. Suroviny.

a. Rudy.

Podle výpočtů amerického přírodozpytce F. W. Clarka, opravených J. Vogtem, skládá se kůra povrchu zemského včetně moře a vzduchu z tohoto množství jednotlivých prvků:

kyslíku	50·00%	uhlíku	0·20 %
křemíku	26·00%	chloru	0·175%
hliníku	7·45%	fosforu	0·08 %
železa	4·20%	manganu	0·07 %
vápníku	3·25%	síry	0·06 %
sodíku	2·40%	baria	0·03 %
hořčíku	2·35%	fluoru	0·03 %
draslíku	2·35%	dusíku	0·02 %
vodíku	0·90%	chromu	0·01 %
titanu	0·30%	niklu	0·005%

Všechny ostatní prvky vyskytují se v množstvích ještě menších.

Z těžkých kovů je tedy v povrchu zemském zastoupen nejvíce Al. Poněvadž však nesplnil veškerých nadějí v něj kladených zvláště od doby, kdy počala jeho hromadná, laciná výroba, zůstane pravděpodobně železo, následující v množství hned po hliníku, povždy kovem panujícím.

Samorodé železo vyskytá se zřídka. Naleznou-li se tu a tam kusy železa, jsou to buď zapomenuté hutnické výrobky z dob dřívějších nebo meteority, které lze snadno rozeznati podle přítomnosti niklu. Z toho

lově Dvoře (8), ve Vítkovicích (8), peci závcdů koburgských (5), peci v Třinci (4), v Tisovci (1) a v Bohumíně (1).

Těchto 27 pecí má úhrnnou roční výrobní schopnost 1,608.800 *t*. Průmyslová krise zavinila, že bylo z nich v činnosti roku 1919 nejvýše 13, r. 1920 nejvýše 16 a r. 1921 17 až 4. Proto vytavily roku 1919 toliko 648.500, r. 1920 694.900 *t* a r. 1921 jen 543.100 *t* sur. železa; ke konci roku 1921 mohly býti udrženy v činnosti pouze 4.

následuje, že železo musí býti vyráběno ze svých velice rozšířených sloučenin. Z těch zaujímají prvé místo kysličníky, k nimž patří:

Magnetovec, magnetit (Magneteisenstein), kysličník železnato-železitý, Fe_3O_4, obsahující teoreticky 72·4% Fe. V znečištěném klesá obsah Fe na 60 až 50, ba i na 40—35% (na př. v norských rudách). Jest železem nejbohatší, za to však nejobtížněji zpracovatelná železná ruda. Má barvu i vryp černý. Známá jest jeho magnetičnost. Ačkoli se vyskytuje celkem řidčeji než ostatní železné rudy, a to převážně v severních krajinách, přece tvoří tam, kde přichází, mocná lože. Tak v severním Švédsku (nejznámější naleziště: Gellivara, Kirunavara a Luossavara), ve středním a jižním Švédsku (Dannemora, Grängesberg), v Norsku a na norských ostrovech, v saském Rudohoří, v Uhrách u Temešváru, v Bukovině, na Urálu, na více místech Asie, Australie, Jižní Ameriky atd. Magnetovec obsahující titan vyskytá se v ložích švédských i norských, v severoamerických státech New-Jersey, Virginia, New-York, Rhode-Island, potom v Kanadě, na Novém Zélandě, v Japonsku, na Jávě a j. Magnetovec bývá buď vyhraněný nebo v zrnitých kusech neb i v podobě písku (na mořských březích). Přidává se k domácím rudám při výrobě šedého sur. železa. Některé ze švédských rud mají jen stopy fosforu; této okolnosti vděčí švédské železo za svou dobrou pověst v dávných dobách.

Krevel, haematit (Roteisenstein), bezvodý kysličník železitý, Fe_2O_3. Chemicky čistý obsahuje 70% Fe, znečištěný značně méně. Má červenou až tmavočervenou barvu a červený vryp. Redukuje se snáze než magnetovec, avšak obtížněji než hnědel; také není tak rozšířen jako tento. Krystaluje v šesterečné soustavě a vyskytá se ve třech odrůdách. Známá jsou jeho ložiska na ostrově Albě, v Anglii v Cumberlandu a Lancashiru, v Sev. Americe při Hořením jezeře, v Minnesottě, pak ve státech Wisconsinu, Michiganu a Alabamě, ve Španělsku v Sommorostro u Bilbaa, v Alžíru, Tunisu a Maroku, v Německu na Lahně a Dillu, v jižním Rusku na Křivém Rohu, v Bosně ve Vareši a jinde.

Hnědel, limonit (Brauneisenstein). Sloučenina kysličníku železitého s proměnlivým množstvím hydrátové vody, hydroxyd železitý. Složení čisté rudy kolísá mezi $2\,Fe_2O_3 . 3\,H_2O$ a $2\,Fe_2O_3 . 2\,H_2O$. Nejčistší má as 60% železa, znečištěný 50—30%. Je nejrozšířenější rudou, vyskytující se v různých odrůdách ve všech útvarech zemských. Redukuje se velmi snadno. Některé její druhy mají značně fosforu. Ty byly až do počátku 80tých let minulého století bezcenné. Od této doby však, kdy lze i z fosfornatého sur. železa obdržeti Thomasovým pochodem zcela čistá zkujněná železa, stoupla jejich cena i důležitost. Hnědel má barvu žlutou nebo hnědou až tmavohnědou a hnědý vryp. Velmi čistý hnědel vyskytá se v Alžíru (Rar-el Maden), ve Španělsku u Bilbaa vedle krevelu, na řeckém ostrově Seriphosu, na západním úbočí Uralu a u Splitu v Dalmacii. Hnědel s menším obsahem Fe jest neobyčejně rozšířen ve všech

dílech světa. Zvláště rozsáhlá lože oolitického hnědelu (Minette) jsou v Lotrinsku, Lucembursku a přiléhající části Francie; patří k nejmocnějším rudným ložím v Evropě, ba snad na celém světě.

Další důležitou železnou rudou, která však mezi kysličníky nepatří, jest ocelek, siderit (Spateisenstein), uhličitan železnatý $FeCO_3$, jenž může míti teoreticky nanejvýše 48·2% Fe. Není tedy bohatá železem, avšak pražením může se státi rovnocennou krevelu. Redukuje se dobře. Čerstvá, nezvětralá ruda má barvu světle žlutou, která na vzduchu hnědne vlivem vlhkosti a kyslíku, při čemž ocelek přechází v hnědel. Ocelek vyskytuje se v mocných ložích, tvoře i celé hory, jako na př. Erzberg ve Štýrsku a Hüttenberg v Korutanech; v Německu táhnou se jeho lože po obou březích toku horního Siegu, pak jsou v Uhrách, Bosně, jižním Rusku, Sibíři a j.

Znečištěním ocelku hlinitými součástmi vzniká jeho odrůda sférosiderit (Toneisenstein), vyskytující se někdy i v kamenouhelném útvaru. Rozsáhlá lože této rudy jsou v Německu ve Westfálsku, pak v Anglii v Clevelandu a Lincolnshiru.

K sférosideritu patří i ruda nučická, chamosit, seménkový křemičitan hlinito-železnatý, jemuž přimíšen často siderit. Vrchních 5—6 *m* složeno bylo z hnědelu, vzniklého zvětráním chamositu. Ruda složena z drobounkých, kulovitých nebo čočkovitých zrnek rudních, stmelených celistvou hmotou buď rudní nebo jinou sedimentární. Rozlišují se jí tři druhy: skleněnka, hutná, podobná vzhledem i barvou břidle, pak modrá ruda a bělka. Nučická ruda má průměrně kolem 35% Fe; pražená 44·5% se značným množstvím P, takže se hodí na surové železo k thomasování. Obsahuje průměrně:

	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	S	Ztráta pražením
nepražená %	13·30	—	43·60	9·00	3·30	2·40	2·22	0·55	20·70
pražená %	16·85	61·03	—	11·42	4·20	2·89	2·74	0·45	—

Kromě rud zpracují se ve vys. pecích také odpadky bohaté železem. Tak na př. kyzové výpražky, které jsou vedlejším produktem při výrobě kyseliny sírové, odpadky továren na anilinové barvy, strusky z pecí svařovacích, pudlovacích, jakož i z ostatních zkujňovacích pochodů. Obsahují vesměs přes 50% Fe. Také staré strusky z dávných dob jsou dnes vítanou surovinou.

Ač manganových rud je třeba hlavně k výrobě železa zrcádkového a ferromanganu, přece přidávají se také přímo do vys. pecí, má-li býti zvětšen obsah Mn surového železa. Hlavním dodavatelem manganových rud je Rusko (Kavkaz a Urál), pak Indie, v novější době Brasilie, Řecko a Španělsko.

Obsah čistého železa v rudných ložích celého světa, dnes známých, odhaduje se na 22 miliard *t*. V Evropě má nyní největší rudný majetek

Francie s 3, pak následuje Švédsko s 0·8, Rusko také asi s tolika, Velká Britanie s 0·45 a Španělsko s 0·3 miliardami *t* železa. Okrsek Hořeního jezera v Sev. Americe se cení na 2, Jižní Amerika na 3 a Kuba na 1 miliardu *t*.

Za stejných okolností jsou pro zpracování výhodnější rudy porésní než stejnorodé a kusové než práškovité. Síra, pokud nebyla odstraněna pražením, jest jejich velmi škodlivou součástí, podobně Cu, vyskytuje-li se zároveň se S. P neškodí; závisí na něm toliko volba zkujňovacího pochodu. Zn způsobuje nepříjemné usazeniny v kychtě peci a mnoho prachu v plynovém potrubí.

b. **Úprava rudy.**

α. *Drcení.*

Příhodná velikost rudy pro zavážení řídí se výškou vys. pecí. Čím větší a vyšší jsou peci, tím ve větších kusech lze rudu do nich sypati. Její nejčastější velikost odpovídá velikosti silničního štětu. Většina rud zaváží se tak, jak byla získána odstřelením v dolech. Jenom největší kusy se vybírají, kladou na zvláštní vozíky a dopravují k drticím strojům, které jsou buď válcové nebo čelisťové. Příklad válcového stroje znázorněn schematicky na tab. 8., příklad čelisťového nakreslen konstruktivně na diagramu č. 1.

Válcový drticí stroj (Eisensteinwalzwerk), jenž vytlačil stoupy, ve kterých byly rudy původně rozdrobovány, znázorňuje obraz I., tab. 8. Jeho účinnými orgány jsou dva páry rýhovaných válců *a*, *b* a *c*, *d*, ležící nad sebou. Vrchní pár má rýhy větší a hlubší, spodní pár jemnější. Čepy válců *b*, *d* spočívají v nehybných ložiskách, spojených pevně s litinovými postranicemi *A* rámu stroje, kdežto ložiska válců *a*, *c* jsou na rámu posuvná v levo, vzhledem k obrazu. Jejich pravou krajní polohu vymezují nosy *m*, *n*, určující mezeru mezi válci. Tato jest u vrchního páru větší než u spodního proto, aby drcení velikých kusů na vhodné kousky nedělo se najednou, nýbrž postupně, jelikož rýhy válců by velmi trpěly.

V nakreslené poloze udržují válce *a*, *c* závaží *z*, visící na delších ramenech pravoúhlých pák *P*, otočných kol čepů *o*, neboť svislá ramena pák tlačí na svorníky *l*, náležitě vedené a opírající se o ložiska jmenovaných válců. — Často bývají závaží nahrazena vzpružinami.

Drticí válce se otáčejí ve smyslu šipek hnacím ústrojím, jehož hřídele jsou spojeny jednoduchými spojkami s prodlouženými čepy válců. Podle Ledebura mívají 500—700 *mm* v průměru, 500—900 *mm* délky a obvodovou rychlost 0·5—0·9 *m* v sek.

Kusy rudy, jež mají býti rozdrobeny, vhazují se do násypky *B*. Z té dostávají se mezi vrchní válce, jsou jimi drceny v menší kusy, které se rozdrtí v kousky náležité velikosti ve válcích spodních. Vzájemná poloha

válců se za práce nemění. Jen tehdy, kdyby odpor stoupl nad přípustnou výši a přemohl tlak, vyvozený závažími *z*, uhnou válce *a*, *c* v levo. Je tedy posuvné uložení těchto válců zařízením pojistným, zabraňujícím poruchám součástí stroje.

Výkonnost stroje, závislá na tvrdosti rud a jemnosti drcení, jest až 50 *t* v hodině při spotřebě hnací síly 25 HP. Jelikož válce se rychle opotřebují, nehotoví se v celku, nýbrž ze dvou částí, aby nebylo nutno celých vyměňovati. Proto provádí se jen jejich plášť tvrdý, z tvrzené litiny nebo tvrdé oceli, a upevní klíny na duši z měkčího, houževnatého materiálu, takže jej lze po opotřebení snadno nahraditi jiným.

Rýhované drticí válce hodí se k drcení na hrubo a na kousky prostředně veliké; k drcení na drobno užívány jsou válce hladké.

Popsané stroje byly z hutnictví zcela vytlačeny drticími stroji čelisťovými neboli mačkadly, též drtidly (Erzbrecher, Erzquetschen, Steinbrecher), jež zavedl r. 1858 Američan Blake. Jimi se drtí nejen rudy a vápenec v hutích, ale i tvrdé hmoty v jiných oborech technické praxe, na př. v továrnách na výrobu cementu, smirku, šamotu, zboží hliněného, kameninového a p.; často upotřebuje se jich také k přípravě štěrku a písku. Stroj takový, v provedení Škodových závodů v Plzni,*) nakreslen na diagr. č. 1.

Materiál drtí dvě rýhované, výměnné čelisti *a*, *b* z tvrzené litiny nebo z tvrdé manganové oceli,**) mající šířku, jež odpovídá světlosti rámu *A*. Do rámu vložená a na jeho nálitcích spočívající čelist *b* jest pevná, kdežto čelist *a*, založená do silné litinové desky *C* a připevněná k ní šrouby s klínovitými hlavami *s*, má kývavý pohyb. — Čelisti bývají kladeny též na podložky ze slitiny olova a zinku, aby dobře ležely, a dutiny mezi jejich výztužnými žebry vyplňují se hlinou. — Deska *C* zavěšena jest na ose *d*, uložené na tuhém rámu *A*, ulitém buď ze slévacího železa nebo z oceli. Obě čelisti s postranicemi rámu tvoří hubu, do které se vhazují kusy rudy, jež mají býti rozdrobovány. Kývavým pohybem desky *C* se čelisti sbližují a vzdalují, drtí rudu, která postupně klesá až vypadne ze stroje v kouscích, jejichž velikost závisí na světlosti huby v jejím nejužším místě. Aby ani postranice huby nebyly tvrdým materiálem vymačkávány a seslabovány, chrání se vloženými klíny *k*, také z tvrdé oceli, které přidržují zároveň čelist *b*.

Desku *C* uvádí v kývavý pohyb hnací hřídel *H*, konající 200—250 otáček v min., uložený též na rámu *A*. Hřídel tvoří v délce *h* mezi ložisky výstředník (obr. III.), jehož pohyb přenáší na ostatní součásti ojnice *T*, spojená s dvojdílnou výstředníkovou objímkou čtyřmi šrouby. Vedle ložisek hřídele *H* jsou naklínovány letmo těžké setrvačníky *P* k vyrovnávání chodu a kromě nich na jedné straně ještě hnací řemenový kotouč *N*;

*) Demuth, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure 1907, str. 536.

**) Ocel ta má as 12% Mn a kolem 1% C; je velmi houževnatá.

kotouč N_1 jest volný. Na kotouče ty přenáší se stropní předlohy rotační pohyb řemen; je-li na kotouči N_1, zůstává stroj v klidu, i když předloha a ostatní transmise běží. O spodek ojnice *T*, jejíž šířka odpovídá světlé šířce rámu, a pak o vložku *f* na jedné straně, jakož i o desku *C* na druhé straně, opírají se prostřednictvím ocelových, kovaných pánví *m*, litinové, ploché desky *g*, stejné šířky s ojnicí (obr. II.). Když ojnice jest v nejnižší poloze, tvoří desky *g* lomenou páku, která, narovnávajíc se za pohybu ojnice vzhůru, vychyluje desku *C* v pravo a tlačí čelisti velkou silou k sobě. Při zpětném pohybu ojnice deska klesá vlastní vahou jakož i působením vzpružiny *i* na táhlo *t*, k ní přichycené. Zpětného tahu vzpružinou je třeba, aby desky *g* z pánví *m* nevypadly, neboť nejsou s nimi nijak spojeny. Desky *g*, poměrně nejslabší součásti stroje, při tom však tak dimensované, že snesou tlaky za pravidelného drcení, tvoří pojistné zařízení, neboť prasknou, jakmile tlaky stoupnou z nějaké příčiny nad nejvyšší přípustnou mez; tím zamezí se poškození jiných, dražších součástí stroje. Proto mají býti náhradní desky stále v zásobě. Opěrné hrany desek *g* lijí se také do kokyl (tvrzená litina), aby byly tvrdé a v pánvích *m* se brzo neopotřebovaly.

Má-li býti umožněna měna velikosti drcených kousků i za chodu stroje, nemůže býti vložka *f* pevná, nýbrž vodorovně posuvná na vodicích ploškách, přilitých k rámu a na diagramu patrných. Posuv se děje pohybem náležitě vedeného klínu *e* matkou šroubu *r*. Není-li na stroji tohoto zařízení, lze měniti velikost rozevření spodku huby výměnou desek *g*, nebo vypodložením účinných čelistí.

Stroje tyto se staví v rozličných velikostech, od světlé šířky 200 *mm* do 1000 *mm*, a s výkonem až 25 *t* v hodině, když kousky mají býti as 50 *mm* veliké (při výrobě štěrku); mohou-li býti rozdrcené kousky větší, výkon stoupá a naopak. Spotřeba hnací síly může dosáhnouti až 50 HP.*)

Ruda (jakož i štěrk) drtí se také v kuželových drticích strojích**) (Erz-Kreiselbrecher) s pevnými čelistmi *f*, obr. II., tab. 8., uspořádanými na svislé válcové ploše, a s čelistmi rotačními *b* na ploše kuželové. Hřídel *a*, na němž sedí drticí kužel *b*, jest uložen nahoře v kulovém ložisku *c* a dole výstředně v prodlouženém náboji kuželového kola *d*, které jím otáčí. Proto má kužel *b* nejen rotační pohyb, nýbrž i kývavý kolem osy, procházející středem ložiska *c*. Tím mění se postupně na celém obvodu vzdálenost *g* mezi kuželem *b* a čelistmi *f*, což výkon stroje neobyčejně podporuje. Kuželové kolo *e* dostává rotační pohyb řemenovým kotoučem, spojeným pojistnými kolíky s vložkou, naklínovanou na hnacím hřídeli. Kusová ruda hází se nebo spadá do násypky *h* a rozdrcená odpadá po

---

*) Podrobný popis drtidel k výrobě štěrku s obrazci obsahuje článek inž. K. Valiny: Strojní výroba štěrku, Zprávy veřejné služby technické, 1922, str. 42.

**) Výkres i popis s údaji o rozměrech a výkonnosti v témže článku. Viz též: Neue Erzbrechanlagen im Dortmunder Hafen, Stahl u. Eisen, 1913, str. 435 a 1533.

šikmém žlabu *k*. Stroje tyto hodí se na veliké výkony, až 150 *t* rudy v hodině. Pracují stejnoměrněji a klidněji než čelisťové, jelikož drtí nepřetržitě, jsou však složitější a vyžadují častějších oprav.

β. *Pražení rudy.*

Ohříváním v hranolových, válcových nebo kuželových pecích za dostatečného přístupu vzduchu, nikoli však až k teplotě tavení, ruda rozpuká, zkypří, zbaví se hygroskopické i chemicky vázané vody a stane se snáze tavitelnou i redukovatelnou. Kromě toho z ocelku a jeho odrůd vypudí se CO_2 podle rovnice $FeCO_3 = FeO + CO_2$, podobně jako z vápence při pálení vápna. FeO, přibíraje O ze vzduchu, přechází v Fe_2O_3. Jelikož chemicky čistý ocelek obsahuje skoro 38% CO_2, ztrácí pražením teoreticky 33%, prakticky podle znečištění 30 až 20% své váhy. Proto, má-li býti převážen, dopravuje se výhodněji pražený. Dále okysličuje se pražením — alespoň částečně — škodlivá síra rud, prchajíc jako kysličník siřičitý. Čím vyšší je teplota v pražicí peci, tím více síry lze odstraniti. Na základě uvedeného, praží se ocelky a jich odrůdy, tedy i ruda nučická, pravidelně. Magnetit jen tehdy, má-li býti odstraněna S a má-li býti taven ve vys. peci, topené dřevěným uhlím. Ve velikých koksových pecích jeho obtížnější redukce nepadá na váhu a proto se pak nepraží. Konstrukcí pecí jest mnoho; závisí na vlastnostech rud. Topí se v nich nejlacinějším palivem, na př. usazeninami z prádel kamenného uhlí, mourem, drobným, jinak neupotřebitelným koksem, odpadky dřevěného uhlí a pod.; někdy se topí i kychtovými plyny z vys. pecí. Vliv pražení na chemické složení rudy udán příkladem na str. 45.

V okolí Nučic praží se ruda v pecích, nakreslených na diagr. č. 2. a schematicky naznačených na obr. I., tab. 9., na které tabulce znázorněny také tvary pecí kladenských a donavických.

N u č i c k á pražicí pec. Na litinovém kroužku *K* (diagr. č. 2. a obr. I., tab. 9.), sešroubovaném ze šesti segmentů (viz půdorys), jenž leží na šesti litinových sloupech *S*, jest vyzděn ze šamotových cihel válcový plášť peci, dole 500, výše 320 *mm* ve stěně silný. Každá druhá vrstva cihel stažena železnou obručí jako na vysokých pecích. Čtvercovými otvory *o* v plášti *V*, které lze uzavírati šamotovými cihlami, možno nahlédnouti do peci k posouzení mocnosti i polohy žáru, a třeba-li, uraziti roztavenou, ke zdivu přivařenou rudu. Pak umožňují vpouštěti pomocný vzduch na tu stranu vnitřního obsahu peci, která se má státi žhavější účinnějším hořením paliva. Plášť *V* jest vyzděn soustředně nad šamotovým kuželem *A*, jenž obložen nahoře litinovým pancířem *B*. I půdu kolem kužele *A* kryjí litinové segmentové desky, aby byla chráněna, a usnadnilo se nabírání pražené rudy lopatou.

Vrchní okraj peci dosahuje plošiny, spočívající na traversách a sloupech, společné všem pecím, postaveným obyčejně ve dvou rovnoběžných

řadách. Na plošinu přiváženy jsou vozíky se zavážkou a jejich obsah do pecí vyklopován. Každá pec plní se ve vrstvách střídavě rudou a palivem, na př. na 6 vozíků rudy 1 vozík uhlí, v tom poměru, v jakém její obsah klesá. Na spodu ubírá se totiž občas upražené rudy s kužele, na němž celá náplň spočívá, odhrnováním neboli „tažením". Odtažená ruda utvoří kolem peci více méně souvislý věnec *t*. V noci a v neděli se netáhne. Úhelník vroubící ústa peci tvoří zarážku pro kola vozíků, aby tyto nemohly sjeti dovnitř.

Spalování řídí se tak, aby největší žár byl asi v polovině výšky peci. Jeho polohu lze snížiti větším odtažením nebo naopak zvýšiti tažením slabším. Pod touto polohou jest v peci ruda pražená, smíšená se zbylým popelem, nad ní nepražená. Vzduch potřebný k hoření paliva proudí do peci spodem, tedy upraženou rudou, kterou ochlazuje, sám se při tom ohřívá a žhavý podporuje hoření paliva. Vyvinutý žár způsobí vysvětlený již rozklad rudy. Zplodiny hoření stoupají nepraženou rudou, ohřívají ji a ochlazené vystupují z peci v podobě světle hnědého dýmu.

Z uvedeného vysvítá, že popisované pražicí peci pracují podobně jako belgické, t. j. dole otevřené vápenky, užívané nyní v každém cukrovaru.

Odtaženou rudu *t* nutno prohlížeti a tu, jež prošla pecí beze změny, odděliti a zavézti znovu. Náležitě upražená se nakládá na železniční vozy a dopravuje do Králova Dvora; dříve dělo se tak výhradně, nyní jest dopravována i do Kladna.

Popsaných pecí jest na Vinici 24, v Krahulově 36 a v Chrustenicích 34. Průměrně dá jedna 200—250 *q* pražené rudy denně. Pražením zmenší se váha zavezené rudy o 20%. Paliva se spotřebuje 5·6—5% váhy upražené rudy. Ruda projde pecí za 48 hodin. Pec vydrží 5—6 let, než nutno ji přestavěti; v uvedené době musí býti ovšem opravována.

Pražicí peci na K l a d n ě *) byly taktéž bez roštu (obr. II., tab. 9.). Lišily se od nučických tvarem, totiž obdélným půdorysem a tím, že byly na spodu otevřeny jen s jedné strany. V důsledku toho byly jejich podélné stěny skloněny, tedy peci na spodku zúženy, aby vzduch, vnikající dovnitř, procházel jejich celým vodorovným průřezem. Obdélný tvar volen proto, poněvadž dovoloval dokonalejší využití půdorysné plochy; peci byly totiž uspořádány podél vyvýšené železné dráhy, kterou ruda přivážena. Bylo jich 47. Měly na př. nahoře světlost 3 *m* × 6 *m*, dole 0·42 *m* × 6 *m* a světlou výšku až 6·75 *m*.

Jelikož ruda mohla býti sypána z vagonů přímo na šikmé plochy proti pecím, odpadalo její rozvážení; sjížděla do nich samočinně za každého tažení. Palivo se přihazovalo lopatou. Otvory *o*, provedenými ve dvou řadách nad sebou, bylo lze rudu v peci zasáhnouti železnými sochory, když se spekla a uvázla.**)

---

*) Viz též Stahl u. Eisen, 1895, str. 860.

**) Nyní se v některých pálí vápno a ostatní se bourají.

Obrazy III. téže tabulky znázorňují roštovou pražicí pec na ocelek v Donavicích ve Štýrsku. Jest v půdorysu taktéž obdélná, se šachtou poměrně nízkou, přepažená dole sedlovitou příčkou *a*, stojící na skloněných plochách *b*, po nichž sjíždí upražená ruda za tažení do podstavených vozíků. Spodek každé půlky peci uzavřen stupňovitým roštem *r*, který umožňuje snadný přístup vzduchu jejich celým průřezem. Jelikož pec jest rozdělena na dvě části, jsou na každé podélné straně dvě odtahovací plochy, přecházející v litinové žlábky *c*. Takových pecí jest více za sebou v jedné řadě. Ruda, přivážená ze štýrské Rudné hory (Erzberg) ve vagonech Alpinské montanní společnosti, padá rozevřením jejich spodků do velikých nádrží, ze kterých se jí plní dopravní vozíky *d*, jež po zvednutí na koleje *e* ji po pecích rozvážejí. Tři baterie těchto pecí se topí uhlím, čtvrtá kychtovým plynem z vysokých pecí. Nahoře jsou buď otevřené, jako peci prve popsané, nebo zavřené plechovým příklopem, z kterého dým odváděn vysokým dymníkem, aby jím dělnictvo příliš netrpělo.

Ve Švédsku užívají k pražení kusového magnetitu (aby byl snížen jeho obsah síry) poměrně vysokých, Westmanových kuželových pecí, topených kychtovým plynem; je v nich třeba značného žáru. Někde praží se rudy i v kruhových pecích, podobných kruhovkám na pálení vápna a cihel.

Nejnověji zavedeny byly v Kanadě pražicí peci s rotačními bubny, uspořádanými nad sebou. Ve vyšších, topených zplodinami odcházejícími z nižších, bývá teplota nejvýše 800° C, kterou vypuzován jest CO_2. Ruda, prošedší horními bubny, padá do spodních, v nichž odstraňována síra za teploty 1100—1200°; topí se plynem generátorovým.

γ. *Další způsoby úpravy rud.*

Loužení. V dřívějších dobách, kdy spotřeba rudy byla malá, nechávaly se zvětrávající rudy ležeti na vzduchu několik let, aby se staly vlivem vlhkosti vhodnějšími k redukci. Nyní, kdy se spotřebuje denně více rud než jindy za celé měsíce, provádí se pochod tento jenom tehdy, obsahují-li rudy mnoho síry. I pak se urychluje loužením pražené rudy vodou, působící rychleji než atmosférické srážky. Pražením okysličuje se totiž také část síry na anhydrid kyseliny sírové, který se spojuje se zásadami, obsaženými v rudě, na soli, jež mohou býti odstraněny vyloužením. Takové vyluhování bylo u nás zavedeno na Kladně*) (v Německu je v Königshütte a Georg-Marienhütte). Vyluhování se provádělo v nádržích rozměrů 50 × 5·5 × 3 *m*; každá pojala 1500 *t* rudy. Na rudu v nádrži byla napuštěna až 20kráte čerstvá voda. Loužení trvalo 7—21 dnů. Podle doby loužení a počtu vodních náplní klesl obsah síry na 0·3—0·2%, když pražená ruda jí měla 0·45 a nepražená 0·55%. Pro nedostatek vody bylo

*) Viz Stahl u. Eisen 1896, str. 768.

loužení r. 1914 zastaveno; v náhradu postaven směšovač na sur. železo. Nyní jsou nádrže skladištěm pražené rudy. Plní se mechanicky a samočinně vozíky, pojíždějícími po lanové dráze. Vyprazdňování nádrží opatřuje Brownův pojezdný kbelíkový jeřáb, obsluhovaný jediným dělníkem. Kbelík rudu nabírá, zdvihá a sype do vozíků dopravovaných řetězovou drahou k výtahům vysokých pecí a potom na kychtových plošinách krátkými řetězovými drahami až nad peci.

Magnetická úprava rud. Nabývá stále většího významu. Dříve oddělovány byly touto cestou od hlušin pouze rudy silně magnetické, tedy magnetovce, a obohacovány tak železem na př. s 38 na 67%. Ostatní rudy bylo nutno k účelu tomu měniti pražením v magnetický Fe_3O_4. Nyní činí se pokusy tříditi každou rudu přímo, bez pražení, mocnými elektromagnety v nemagnetické, slabě magnetické a velmi magnetické součásti. Magnetickými oddělovadly neboli separátory lze děliti také železné rudy od manganových, chromových a měděných. Práce se koná buď za sucha nebo za mokra.

Wetherill*) prvý prakticky dokázal, že lze tříditi i látky považované dosud za neschopné magnetisace bez předcházejícího pražení. Na jeho separátorech lze tříditi látky různého stupně permeability a pak oddělovati vůbec látky paramagnetické od diamagnetických hlušin.

Příklad Wetherillova oddělovadla, na němž se dělí železná ruda od hlušiny, jest naznačen na obr. III., tab. 8. Rozmělněná ruda sype se do nádrží B_1, B_2. Z těch padá na pásy transportérů, kterými jest unášena k magnetickým pólům M_1, M_2, mezi nimiž je velmi koncentrované magnetické pole. V tom stanou se částečky látek paramagnetických magnety, přichytí k pásům, probíhajícím kolem pólů, a když opustily magnetické pole, spadají do nádržek *b* a *c*. Součásti hlušiny procházejí magnetickým polem beze změny a padají do nádržky *a*.

Mají-li býti roztříděny látky různého stupně permeability, stane se to na několika oddělovadlech s poli různé magnetické intensity. Látka projde nejdříve separátorem s nejslabšími magnety, který oddělí částice silně paramagnetické a částice menší permeability se oddělí postupně na separátorech se silnějšími a silnějšími magnety.

V posledních 10 až 15 letech rozšířily se ve Švédsku a Norsku, hlavně zásluhou inž. Gröndala, mokrá oddělovadla.**) V zemích těch vyskytuje se magnetovec buď jako bohatá kusová ruda, nebo také jenom v zrnech, rozptýlených v hlušině. Tato mohou býti získána jedině náležitou úpravou chudé rudy a magnetickým tříděním. Proto se taková ruda drtí v mačkadlech i válcových strojích a mele v kulových mlýnech za mokra. Již po částečném rozemletí odnáší voda, proudící mlýnci, lehčí

*) Stahl u. Eisen 1897, str. 209 a 1900, str. 1186.

**) Viz Stahl u. Eisen 1899, str. 271; 1911, str. 22 a 537 a 1912, str. 576 a 822.

zrna hlušiny, čímž se na dalším mletí značně uspoří. Pak následuje ještě jemnější mletí v dlouhých cementárenských válcových mlýnech.

Mezi kulové a válcové mlýnce vkládá se prvé, hrubé elektromagnetické oddělovadlo, jež zvedá magnetická zrnka z tekoucího proudu rozmělněné rudy. Zařízení Gröndalova oddělovadla znázorňují obrazy IV. a V., tab. 8. Mosazný buben *a* s okraji, uváděný do pohybu řemenovým kotoučem, otáčí se kolem nehybné osy *c*, na které jsou upevněny přestavitelné elektromagnety *b*, aby bylo možno měniti polohu magnetického pole. Rozmělněná ruda, přitékající od kulového mlýnce trubkou *d*, rozřeďuje se v nádrži *e* vodou, vstupující spodem, a proudí pod buben, vzdálený od hladiny 25—50 *mm*. Na ten jsou zrnečka rudy zvedána, jím unášena nad žlab *f* a v místech, kde působnost elektromagnetů přestává, smývána proudem vody. Nezvednutá zrnka přepadají s hlušinou do nádrže e_1, opatřené dole ventilem, jímž lze měniti odtok k válcovým mlýnům i výšku hladiny v nádrži e_1. Trouba d_1 je volným přepadem.

Ve válcových mlýncích mele se zbytek tím jemněji, čím úplněji je ruda horninou prorostlá, nebo, je-li fosfornatá, čím více má býti snížen obsah fosforu oddělováním částeček magnetovce od apatitu (fosforečnan vápenatý). Tímto způsobem je skutečně možno získati rudu skoro bez fosforu. Tekutina vytékající z válcových mlýnců prochází dalším oddělovadlem. Zachycený magnetický maz se odvodňuje na 15% vlhkosti, suší v bubnech až na 5% vody, načež se briketuje.

B r i k e t o v á n í a s p é k á n í r u d y. Drobných práškových rud možno zavážce přidávati nejvýše 10%. Ve větším množství pec ucpávají, zaviňují její nepravidelný chod a jsou strhovány vzduchem do kychtových plynů. Snahy po zpracování takových rud, jichž v poměru ke kusovým stále více přibývá, pak kyzových výpražků, těžkého kychtového prachu a pod., vedly k jich b r i k e t o v á n í a přidávání zavážce v celistvých kusech.*) Má-li briketování býti technicky i hospodářsky možné, má dávati rudnou cihlu téže pevnosti a ceny jako má kusová ruda. Této podmínce nevyhovuje dosud plně žádná z přemnoha briketovacích soustav, neboť vyžadují značného nákladu zařizovacího i udržovacího. Jen oolitickou rudu se značným obsahem hlíny možno lisovati bez zvláštního pojidla. Vždy jindy třeba vazné hmoty. Zkoušeny byly nejrůznější: hlína, vápno ve všech tvarech, ač toto je nejméně vhodné, organické látky, jako smůla, dehet a j. V Králově Dvoře briketovány byly kyzové výpražky; po nějaké době od toho upuštěno.

Nejnovějším způsobem scelování práškových rud jest jejich s p é k á n í neboli a g l o m e r o v á n í. Provádí se v různých zařízeních, z nichž nejrozšířenější jsou t r o u b o v é p e c i. Prvá stanice s těmito

*) Bližší viz: W e i s k o p f, Stahl u. Eisen 1904, str. 275; 1905, str. 321. — W e i s k o p f-G r ö n d a l, Stahl u. Eisen, 1913, str. 276, 319 a 1236.

pecemi postavena byla v Giessenu v Německu, druhá v Třinci.*) Její podstatou jsou troubové peci cementárenské *A* (obr. VI., tab. 8.), 2—2·4 *m* v průměru, 30—70 *m* dlouhé, uložené skloněně, pozvolna se otáčející. Práškovitá ruda padá do nich na nejvyšším místě, dostává se rotací peci níž a níže do žhavějších zplodin hoření, proudících proti jejímu pohybu, až vychází spodním čelem ve spečených kusech do chladiče *B*. Pec se vytápí uhelným prachem, který ventilátor *d* strhuje z nádrže *c* a do ní vtlačuje. Zplodiny hoření odcházejí hořejším čelem peci do komína. Nejnověji přidává se drobné rudě odpadkový koks. Teplota v peci nemá přesahovati 1100°. Zařízení je drahé, vyžaduje častých oprav a pochod nutno přerušovati, aby se odstranily usazeniny, jež se tvoří na spodní části peci. Způsobem tímto možno spékati také kychtový prach, výpražky, švédský rudný maz a pod.

Druhé zařízení, jež se osvědčilo, je Dwightovo a Lloydovo. Drobná ruda smíšená s odpadkovým koksem, nasypaná do vozíčku s prolamovaným dnem, vystavuje se přímému účinku plamene, působícího shora. Aby plamen vrstvu rudy pronikl, jest pod vozíčkem odssávací skříň. Žárem plamene a přimíšeného paliva slije se celý obsah vozíčku v jediný kus.

c. **Tavidlo.**

Kromě rud a paliva třeba do vys. peci přidávati ještě tavidlo (Zuschlag), aby převedlo křemičitý popel paliva jakož i křemičité, hlinité a vápenaté součásti rud, které by se samy o sobě teplotou peci buď vůbec nerozpustily nebo velmi těžce, takže by ji za krátko celou vyplnily a její chod porušily, v tekutou, samočinně z ní odtékající strusku. Jen málo rud, tak zv. samotavitelných, tavidla nepotřebuje. Jsou-li hluché součásti rud kyselé, což bývá nejčastěji, třeba přidávati tavidlo zásadité a naopak. Obvyklým zásaditým tavidlem je vápenec, méně častým dolomit, směs $CaCO_3$ a $MgCO_3$, též kazivec. Kyselými tavidly bývají zejména strusky, obsahující železo (silikáty železa), řidčeji čisté křemičité písky, břidlice a pod. Hutník posuzuje a řídí chod peci podle jakosti a složení strusky, kterou stále pozoruje.

d. **Palivo.**

Nesmí býti spékavé, poněvadž by vadilo průchodu vzduchu pecí, ani drobivé, nýbrž pevné, neboť musí snésti tlak rudy, tavidla i paliva. Původně topilo se ve vys. pecích dřevěným uhlím, vynikajícím čistotou, neboť jest bez síry a má jen as 3% popelu. Jeho výhřevnost je 7000 kal. Posud dává se mu přednost tam, kde je lze obdržeti, na př. ve Švédsku

---

*) Bližší viz Naske, Agglomerieverfahren in Trzynietz, Stahl u. Eisen 1907, str. 1691 a Hansell, Das Agglomerieren feiner Eisenerze, Stahl u. Eisen 1912, str. 1499.

a Štýrsku. Jinak jsou peci vytavující sur. železo dřevěným uhlím zvláštností. V Čechách zbyla v Komárově, jak bylo podotknuto, jedna taková pec, ve Štýrsku byly až do poslední doby v činnosti 4 (z nich zvláště známa je pec firmy Bratří Böhlerové ve Vordernberku, poskytující surovinu na vynikající nástrojovou ocel této firmy), v Tyrolích 1 a 1 (velká) ve Vareši v Bosně. Dobré dřev. uhlí má 80% C, 3% popelu, 12% vody a 4—5% pohlcených plynů.

Nyní topí se ve vys. pecích pravidelně koksem. Koks jest umělým výrobkem z kamenného uhlí, podobně, jako jest jím dřevěné uhlí, získané ze dřeva. Koksovací pochod je suchá destilace uhlí, uzavřeného zcela neprodyšně ve zděných komorách s dutými stěnami, 10—12 *m* dlouhých, 2·20—2·50 *m* vysokých a 0·45—0·55 *m* širokých, vyhřívaných spalováním části destilačních plynů, vevážděných do dutých stěn zároveň se vzduchem. Takových 60 až 80 komor tvoří baterii, skupinu koksovacích pecí. Ke koksování hodí se nejlépe spékavé, krátkoplamenné uhlí. Aby byl snížen obsah popelu v koksu, podle kterého, jakož i podle obsahu síry, se tento cení, uhlí se rozmělňuje, zbavuje praním hlušin, v moderních závodech pěchuje vlhké do pojezdného žlabu a zastrčí do peci jejím čelem. Za destilace, trvající 20—36 hodin, při které teplota v peci dostupuje až 1200°, prchnou z uhlí všechny plynné součásti, jichž se získává 15—25% jeho váhy. Plyny ty odváděny jsou do chemické továrny, kde se z nich oddělují cenné vedlejší výrobky, dehet, amoniak, benzol a j., načež jich as polovinu spotřebuje koksovací pec sama k vytápění stěn a zbývající polovina se zužitkuje nejčastěji v plynových motorech, pohánějících elektrické generátory, k výrobě elektrické energie. V poslední době bylo jich užito také k topení v Siemensových pecích a to buď samotných nebo spolu s plynem kychtovým nebo generátorovým; mají výhřevnost 3500 až 5000 kal.

Aby získána byla i ona část plynů, která se spaluje v koksovacích pecích, vytápějí někde jejich duté stěny méně cenným kychtovým plynem, po případě generátorovým, vyrobeným z odpadků koksu nebo podobného špatnějšího paliva. Pak může býti veškerý plyn, obdržený destilací, zužitkován k jiným účelům. Jedním z nich je také jeho upotřebení ke svícení místo svítiplynu. V některých okrscích, na př. Německa, rozváděn je proto koksový plyn na veliké vzdálenosti; hodí se pouze na žárové světlo, nikoli k osvětlování volným plamenem.

Vývoj koksovacích pecí možno naznačiti stručně takto: Nejstarší byly vyhřívány spalováním části uhlí, pozdější přímo destilačními plyny a konečně plyny, zbavenými vedlejších cenných součástí. A destilační plyny spalovaly se nejdříve studeným vzduchem, kdežto nyní se tak děje vzduchem žhavým, ohřívaným na základě regenerativním.*)

*) Bližší o výrobě koksu a vedlejších výrobků viz na př. Geilenkirchen Th., Grundzüge des Eisenhüttenwesens, Berlín, 1911, str. 127—162.

Po dokonaném destilačním pochodu se spečený obsah peci vytlačí a žhavý koks uhasí postříkáním vodou. Dobrý koks pro vys. peci má býti kusový, pórovitý, barvy šedé až světle šedé, kovového lesku a jasného zvuku. Mívá pevnost 80—160 *kg* na 1 cm^2. Koks dobré jakosti (I. i II. dohromady) obsahuje 78—85% C, 9—11% popelu, 2—3·5% plynných součástí, 3—6% vody a má výhřevnost 7000—8000 kal. Dobrý koks je vzácný. Takový má míti síry pod 1%. Této podmínce vyhovuje jedině koks anglický. Po něm se řadí koks westfálský, jehož průměrný obsah síry hodnotu 1% značněji nepřekročuje; hornoslezský má síry až do 2%. 100 *kg* uhlí dá 70—80 *kg* koksu, 2·5—4·2 *kg* dehtu, 0·8—1·5 *kg* síranu ammonného, 0·8—1·0 *kg* benzolu a 28—30 m^3 plynu. —

Přímo k a m e n n ý m uhlím možno topiti ve vys. peci jediné tehdy, je-li dostatečně pevné a nespékavé. Tak přidávají se koksu některé druhy hornoslezského uhlí; ve Škotsku a v Severní Americe topí i samotným antracitem. — Palivo zavážené do peci dodává především teplo k rozkladu železitých sloučenin, jakož i k roztavení železa a strusky, potom uhlík k redukci železa z kysličníků a konečně uhlík uvolněnému železu ke vzniku sur. železa.

e. **Vzduch.**

α. *Dmychadla.*

Má-li palivo, zavážené do vys. peci, hořeti a vydávati žár, třeba mu přiváděti náležité množství vzduchu, které jest velmi značné. Vzduch neproudí pecí samovolně, nýbrž musí býti do ní tlačen mohutnými dmychadly, poháněnými parními stroji nebo nověji plynovými motory, jichž písty vzduch střídavě na obou stranách válců nassávají a při zpětném pohybu vytlačují do větrovodu. Napiatý vzduch prochází ohřívači, aby byl předhřát na vysokou teplotu a žhavý vstupuje do vys. peci. Schéma vzdušního válce naznačuje obr. IV. na tab. 9.

Jak bylo již uvedeno přešly nízké peci k vytavování svářkového železa z rud ve vysoké, v nichž získáváno pak sur. železo, teprve tehdy, když se upotřebilo k pohonu měchů vodní síly. Měchy, původně kožené, později dřevěné, vytlačeny byly svislými, s k ř í ň o v ý m i d m y c h a d l y (Holzkastengebläse) se čtverhranným pístem, pohybujícím se v dřevěném hranolu, a d m y c h a d l y z v o n o v ý m i (Glockengebläse) bez pístu; oba tyto druhy dmychadel byly poháněny vodními koly. Prvá p a r n í d m y c h a d l a s litinovými válci kruhového průřezu, zavedená kolem r. 1775, byla také stojatá, v a h a d l o v á. Měla výhodu stejnoměrného opotřebování válců. Po nich následovala dmychadla ležatá, v o l n o- b ě ž n á. Jelikož zabírala mnoho půdorysného místa, byla nahrazena s t o j a t ý m i, s dmychacími válci položenými nad válce parní. Tím vznikly stroje, zabírající sice málo plochy, avšak velmi vysoké, nepřehledné,

jichž obsluha byla nepohodlná a opravy obtížné. Proto přešlo se zase ke strojům uspořádání ležatého, ale rychloběžným. Kromě těchto jsou nyní ještě v činnosti stojaté parní dmychací stroje Riedlerovy, jež měly míti přednosti stojatých strojů při malé výšce. Jejich dmychací válce jsou totiž uspořádány vedle parních, ve stejné výšce, takže všechny 4 válce jsou přístupny s jedné plošiny. Pohyb na pístové tyče dmychadel přenášen vahadly.

Dmychadla poháněná parními stroji jsou nyní vytlačována dmychadly hnanými velikými explosivními motory na plyn z vys. pecí (Grossgasmaschinen), jelikož využitkují energii, obsaženou v palivu, mnohem dokonaleji než parní stroje. Se zvětšováním obsahu pecí rostly i velikosti dmychadel, takže na př. dmychací válce motorů, konajících as 80 otáček v minutě, mívají nyní při zdvihu 1500 *mm* až přes 2300 *mm* v průměru.

Nejnověji se vhání vzduch do vys. pecí také rotačními vícestupňovými dmychadly (Schleudergebläse, Turbogebläse), pracujícími podobně jako ventilátory. Pohání je buď přímo parní turbina nebo ve zvláštních případech elektromotor. Spotřebují více tepla než plynové motory a jelikož vyžadují kotelny, která při explosivních motorech odpadá, nepotřebují celkem méně místa než tyto. Proto se rotační dmychadla ve značnějším rozsahu dosud neujala, ačkoli mají nepopíratelné přednosti rotačních strojů.*) Hodí se pro menší napětí vzduchu (od 0·3 *at* výše má lepší užitečný efekt dmychadlo pístové) v menších závodech, které nemohou motorových dmychadel postaviti. Nejrozšířenější jsou konstrukce Parsonsova a Brown-Boveri-Rateauova. Třeba ještě připojiti, že rotační dmychadlo nepůsobí stejně jako pístové. Stoupá-li následkem nepravidelného chodu peci odpor vzduchu, pístové dmychadlo na poruchu upozorní, neboť musí nassáté množství vzduchu pecí protlačiti, kdežto rotační dmychadlo na ni neupozorní, poněvadž přestane prostě ssáti a napětí vzduchu se nemění. —

Vzduch musí býti dmychadly napiat, aby přemohl odpor ve větrovodech, proudil náležitou rychlostí ze vzdušních trubic neboli forem do vys. peci a přemohl v ní odpor, jaký mu klade její obsah 20—30 *m* vysoký. V Německu bývá napětí vzduchu, měřené u peci, 0·4—0·8 *at*, u nás 0·6 až 1·0 *at*, v Americe až 1·2 *at*. Přibližné množství vzduchu, potřebné v minutě, jest $1 \times O\,m^3$—$1{\cdot}4 \times O\,m^3$, je-li O obsah peci v m^3. Má-li tedy pec na př. obsah 500 m^3, třeba do ní vtlačiti, při prostředním poměru $1{\cdot}2 \times O\,m^3$, 600 m^3 vzduchu v minutě. Přesně lze stanoviti toto množství několika způsoby, na př. z množství koksu, zaváženého do peci, nebo z množství dusíku, po případě kyslíku v kychtových plynech.

---

*) U nás, v Třinci, je takové dmychadlo na výkon 600 m^3 v minutě, 0·5 *at* napětí vzduchu, poháněné parní turbinou. Bližší viz Stahl u. Eisen, 1908, str. 1745.

β. *Zahřívače vzduchu.*

Až do konce prvé třetiny min. století vháněn byl do vys. pecí vzduch studený. R. 1828 pokusil se J. B. Neilson ve Škotsku o jeho ohřívání. Myšlenka tato došla všeobecného ohlasu teprve, když r. 1832 Faber du Faur ve Wasseralfingen upotřebil k ohřívání vzduchu laciného paliva, totiž hořlavých plynů, prchajících do té doby z vys. pecí volně do vzduchu. Ohřátím vzduchu ušetří se značně paliva a lze vytavovati sur. železa manganová a siliciová, což by bez horkého vzduchu nebylo možné.

Vzduch pro vys. peci ohřívá se v zahřívačích (Luftvorwärmer, Winderhitzer). Starší byly železné, novější jsou zděné. Prvé se skládají ze zděné komory, v níž stojí nebo leží litinové trouby, 5—6 *m* dlouhé, spojené vespolek koleny, takže vzniká potrubí, jímž proudí vzduch od dmychadel rychlostí as 15 *m* ve vteřině (obr. I., tab. 10.). Pod komorou je klenutý prostor, v kterém se spalují kychtové plyny. Zplodiny vcházejí kanálky do komory, táhnou kolem trub, odevzdávají jim teplo a odcházejí ochlazené ke komínu. Jsou-li železné zahřívače nové, ohřívají vzduch až na 550°; později jejich výkonnost klesne. Možno říci, že hřejí průměrně na 450°. Teplota ta je stálá, což jest výhodou těchto zahřívačů. Osvědčená jejich konstrukce pochází od Gjeersa. Poněvadž ohřívají na teplotu poměrně nízkou a jejich udržovací výlohy jsou značně větší než zděných zahřívačů, vyskytují se nyní již jenom ojediněle a to v hutích, vytavujících sur. železo dřevěným uhlím (Komárov).

Zděné zahřívače hřejí průměrně na 700—800°; na počátku ohřívací periody může teplota vzduchu dostoupiti až na 900°. Působí podobně jako regenerativní topení; vzduch tlačený dmychadly prochází v zahřívači soustavou kanálků z ohnivzdorného zdiva, která byla před tím ohřáta spalováním kychtových plynů na vysokou teplotu, odnímá jí teplo a sám se ohřívá. Ohříváním vzduchu teplota zdiva pozvolna klesá. Jakmile klesne o 80—100°, nebylo by ohřívání dalšího vzduchu již dostatečné a proto se zavede studený vzduch do jiného, zatím vyhřátého zahřívače, kdežto zchladlý zahřívač se počne znovu vyhřívati vevedením a spalováním topných plynů. Pochod tento se liší od Siemensova regenerativního topení hlavně tím, že kanálkové zdivo zahřívačů jest vyhříváno čerstvými zplodinami hoření, kdežto zdivo regenerátorů zplodinami, které vykonaly již svůj hlavní úkol, totiž odevzdaly část svého tepla kovové náplni peci.

V Evropě se ujaly dvě soustavy zděných zahřívačů, Whitwellova a Cowperova. V prvé procházejí jak vyhřívající plyny, tak vzduch zahřívačem několikráte nahoru a dolů (obr. II., tab. 10.), kdežto v druhé konají tuto cestu pouze jedenkráte (obr. III. téže tab.); proto Whitwellovy zahřívače potřebují větší tah komína. V Americe jsou velmi časté zahřívače soustavy Kennedyho*); pak se vyskytují také sou-

*) Viz Stahl u. Eisen, 1893, str. 186 a 1897, str. 356.

stavy Massickse a Crooka*) a Nelsona.**) — Cowperův zahřívač nakreslen na diagramech č. 3. a 4. a schematicky naznačen na tabulkách 10. a 11.

Prvé pokusy, zavésti zděné zahřívače, podnikl Cowper r. 1860 v huti Ormesby v Clevelandu (patent získal r. 1857). Zahřívače uvedené jím v život měly však tolik nedostatků, že byly zase zastaveny, a huti vrátily se k železným. Teprve kolem r. 1870 podařilo se jmenovanému, jakož i souběžně Whitwellovi v Stocktonu on Tees (patent z r. 1865) překonati všechny obtíže. Od tohoto roku vytlačily zděné zahřívače až na řídké výjimky zcela zahřívače železné. Ze zděných pronikla zlepšená konstrukce Cowperova tak, že nové Whitwellovy se již nestaví.

Zvenčí jeví se Cowperův zahřívač válcovým tělesem 4—8, nejčastěji 6—7 *m* v průměru, o celkové výšce 25—40 *m*, ukončeným nahoře kopulí. Těleso to se skládá z plechového pláště *P* a z vnitřní ohnivzdorné vyzdívky *B*. Plášť snýtován jest neprodyšně z plechů, které mají na dně tloušťku 12—18, ve spodní části pláště 10—15, v hoření 8—10 *mm*. Šamotová vyzdívka *B*, v síle 450—550 *mm*, nedoléhá až k plášti, nýbrž ponechává prostoru as 50 *mm* širokou, aby se zdivo mohlo žárem volně roztahovati. Z téhož důvodu neleží zdivo kopule *E* přímo na zdivu *B*, nýbrž na ohnutých válených nosnících, spočívajících na konsolách *C*, přinýtovaných k plášti *P*. I kopule *K* jest obejmuta plechem *F*, as 8 *mm* silným. Na prodloužených konsolách bývá upraven ochoz, s kterého vedou železné žebříky, opatřené zábradlím, k jednotlivým průlezům *p* v kopuli.

Vnitřek zahřívače dělí svislá, prohnutá příčka *A****) ve dvě nestejně veliké části, v eliptickou spalovací komoru *S* — bývá i kruhová — ve které shořuje kychtový plyn v době vyhřívací, a v prostor *Z*, vyplněný tak zv. kanálkovým zdivem, které vyvinuté teplo buď přijímá nebo vydává.

Kychtový plyn z vysoké peci, prošlý lapačem prachu, padá do kanálu *M*, běžícího pod půdou huti podél celé baterie zahřívačů.†) Je totiž potřebí, poněvadž zděný zahřívač pracuje po přítržích, k jedné vysoké peci při nejmenším dvou zahřívačů. Obyčejně rozděluje se však potřebná výhřevná plocha na několik zahřívačů, nejméně na tři, obvykle na čtyři, u velikých pecí až na pět, které pak tvoří zmíněnou baterii.

Z kanálu *M* vchází plyn do každého zahřívače dvěma zděnými výstupními otvory *v* a litinovou armaturou z krátkých hrdel a kolen *a*. V hrdlech, končících vedením *i* pro kolena (diagr. č. 3. i 4. a obr. IV., V., VI., VII. tab. 11.), jsou plochá uzavírací šoupátka *f*. Svislá ramena

*) Viz Stahl u. Eisen, 1889, str. 969.

**) Viz Stahl u. Eisen, 1909, str. 1457.

***) Nakreslený zahřívač odpovídá zahřívačům Karlovy a Emilovy huti v Královč Dvoře u Berouna.

†) V poslední době byl přívod kanálem zrušen a plyn se přivádí horem potrubím do spodku litinové armatury.

kolen *a* mají příruby, kterými mohou pojížděti po vedeních *i*, kdežto vodorovná jsou hladká, bez přírub, aby mohla býti vsunuta do otvorů *h* v zahřívači, vytvořených vyzděním nanýtovaných hrdel *t*. Při tom nevyplňují kolena otvorů zcela, nýbrž ponechávají měnitelné mezery *x*, kterými vniká do spalovací komory atmosférický vzduch, potřebný k hoření kychtového plynu. Kdyby nestačil přístup vzduchu mezerami *x*, může býti vpouštěn ještě ventilky, posazenými na víka hrdel *j*. Na diagr. č. 4. jsou ventilky ty, určené zároveň k vypouštění vzduchu z uzavřeného zahřívače, označeny středními čarami. Hrdel *j* je třeba také k čištění zahřívače.

Klenbové oblouky *m*, provedené v určité výši nad otvory *h* a ponechávající mezi sebou dostatečný prostup, mají přivoditi dokonalé promíšení plynu i vzduchu, a tím spálení směsi, jest-li se tak až dosud nestalo.

Hrdlem s uzavíracím šoupátkem *e* odvádí se ohřátý vzduch. Šoupátko jest ulito prohnuté, z oceli, aby vzdorovalo lépe deformaci žárem; provádí se též duté s vodním chlazením. Vládne se jím ze spodu. Proto je připojeno krátkým táhlem k jednomu rameni vodorovné páky, kdežto na druhém visí dlouhé táhlo s vyrovnávacím závažím. Stažením tohoto táhla dolů otevře se šoupátko a naopak.

Větší prostor zahřívače *Z* jest vyplněn šamotovým, kanálkovým zdivem. Toto musí býti tak vyrovnáno, aby vznikly v něm kanálky, procházející od spoda až nahoru — bývá jich veliké množství — a aby bylo pod ním možné proudění ve všech směrech. Proto zdvihá se v popisovaném zahřívači ze dna nejdříve devět pilířů *D*, tak překlenutých, že tvoří tři zídky. Do těch jsou sklenuty h u s t š í příčné oblouky *n*, na nichž spočívají pak as 400 *mm* vysoké cihly, tvořící rošt *r* právě takové hustoty, jakou má zdivo na něm vyrovnané. Litinové sloupy, kterých užíváno dříve k podpoře roštu *r*, jsou připustné jen do teploty 700^0.

Kanálky samy, 120—155 i 200 *mm* ve světlosti, jsou vytvořeny nejčastěji z plochých, náležitě vázaných cihel, (obr. I., tab. 11.) as 175 *mm* vysokých, 55—70 *mm* silných, nebo z cihel, jež dají složením kanálky šestiboké (obr. II. téže tab.), nebo z cihel šestibokých s válcovou děrou (obr. III. téže tab.). Prvé dva tvary poskytují velikou zahřívací plochu, poslední velkou váhu. Zdiva bývá v zahřívači tolik, že má výhřevnou plochu 4000—8000 m^2 a váží 700—1300 *t*.

Je přirozeno, že plyny, táhnouce nejkratší cestou, procházejí nejvíce kanálky, ležícími hned za spalovací komorou, kdežto krajním se vyhýbají. Proto vyplňuje se k stejnoměrnému využitkování všech kanálků prostřední třetina prostoru *Z* dle návrhu B o e c k e r o v a zdivem s kanálky o menší světlosti, kdežto ostatek zdivem s kanálky většími.

Otvorem *k* a ventilem *b* odcházejí za spalování plynu zplodiny hoření ze zahřívače do komína, jenž způsobuje potřebný tah a jest nezbytným příslušenstvím vysoké peci; mívá výšku 70—90 *m*. Po vytopení zahřívače musí býti spojení to přerušeno. K tomu stačilo by uzavření ventilu *b*.

Týž však jest veliký — nakreslený má 1000 *mm* ve světlosti —, takže se snadno deformuje jak jeho těleso se sedlem tak i talíř v_1 teplem odcházejících plynů, které jsou ještě velmi žhavé. Kdyby zavřený ventil netěsnil, unikal by vzduch, vháněný dmychadly do zahřívače za značného přetlaku do komína, čímž by byl rušen nejen jeho tah, ale vznikaly by i značné ztráty. Proto třeba zvláštních b e z p e č n o s t n í c h opatření. Jedno z nich jest B u r g e r s o v o. Pak není totiž ventil *b* spojen stále s hrdlem zahřívače, nýbrž jest otočný kolem svislé osy. Skládá se ze dvou částí, z pevné *g* (obr. VIII. a IX., tab. 11.) a otočné *b*, která, spočívajíc třemi kolečky *s* na okraji části *g*, zasahuje do žlábku naplněného vodou. Ventilový talíř v_1 se spouští nebo zvedá ruční klikou k_1; na ozubenou tyč t_1 přenášejí pohyb čelní kola z_1, z_2 a z_3. Dále patří k zařízení B u r g e r s o v u víko *o*, otočné kol vodorovného čepu.

Otvory *l*, uzavřené na způsob průlezů, vstupují v činnost při čištění a opravování zahřívače. Studený vzduch, přicházející od dmychadel, může vstupovati do zahřívače otvorem *u* v příslušném hrdlu. V přiváděcím potrubí *c* jest uzavírací ventil.

V činnosti každého zahřívače třeba rozeznávati, jak už vysvítá z předchozího, dvě periody, které se stále opakují. V p r v é, trvající delší dobu, zahřívač se v y h ř í v á, t. j. p ř i j í m á teplo, vyvozené spalováním kychtového plynu, v d r u h é sám h ř e j e, totiž v y d á v á přijaté teplo vzduchu. Obě jsou znázorněny na obr. III., tab. 10. (Obr. II. téže tab. naznačuje obě periody zahřívače Whitwellova.) V prvé periodě jest armatura Cowperova zahřívače v takovém stavu, jaký nakreslen na diagramech, t. j. ventil v přívodném vzdušním potrubí *c* jest uzavřen a podobně i šoupátko *e*, kolena *a* jsou vsunuta do otvorů *h*, šoupátka *f* otevřena, ventilový talíř v_1 zdvižen a těleso *b* přišroubováno k hrdlu s otvorem *k*. Plyn vstupuje do spalovací komory, mísí se se vzduchem, zapaluje rozžhaveným zdivem a hoří. Zplodiny táhnou spalovací komorou nahoru, obracejí se v kopuli, procházejí kanálkovým zdivem shora dolů odevzdávajíce mu své teplo a odcházejí ventilem *b* do kanálu *N* a komína. Tento stav trvá tak dlouho, až zahřívač přijal dostatek tepla, až se náležitě vyhřál.

Jsou-li při čtyřčlenné baterii všechny zahřívače v činnosti, t. j., když se žádný nespravuje nebo nečistí, vyhřívá se každý po dobu t ř í h o d i n a h ř e j e h o d i n u.

Má-li zahřívač sám hřáti, tedy odevzdávati přijaté teplo vzduchu, přestane se topit. Šoupátka *f* se zasunou, kolena *a* vytáhnou z otvorů *h*, a hrdla *t* otvorů těch uzavrou víky o_1 (obr. VII., tab. 11.). Pak třeba přerušiti spojení zahřívače s komínem. Talíř v_1 se spustí na sedlo, povolí šrouby, spojující hrdlo s ventilovým tělesem *b*, a toto otočí do polohy, patrné z obr. IX., tab. 11. Nyní se uzavře hrdlo s otvorem *k* b e z p e č n ě víkem *o*, které se sklopilo a utáhlo šrouby. Netěsní-li talíř v_1, což se prozrazuje syčením, nahodí se na dosedací plochu, jež je přístupna, popílek,

jaký se usazuje v zahřívačích, který zamezí další prostup atmosférického vzduchu do kouřového kanálu, což se snadno zdaří, jelikož na talíř působí nyní jen malý přetlak a celý ventil je studený. Je-li pak otevřen ventil v potrubí *c*, vstupuje do zahřívače studený vzduch spodem, prochází ve směru protiproudovém kanálkovým zdivem nahoru, ohřívá se, obrací v kopuli a klesá do komory *S*, z které se odvádí při otevřeném šoupátku *e* potrubím *d* k vysoké peci. Potrubí to, as 1200 *mm* v průměru, jest vyloženo na cihlu šamotovým zdivem, aby žhavý vzduch se neochlazoval, a aby byly zmenšeny ztráty tepla sáláním.

Jiné zařízení k bezpečnému oddělování zahřívače od komína, Schmidtovo, jednodušší a lacinější než Burgersovo, naznačeno na obrazech X. a XI., tab. 11. Skládá se kromě nekresleného ventilu nebo šoupátka k měně velikosti komínového tahu z kroužku *a* a plné desky *b*, stejné tloušťky. Obě části souvisí krátkou spojkou, kterou prochází čep, kolem něhož se otáčejí. Je-li zahřívač vytápěn, jest do potrubí zapiat kroužek *a*, hřeje-li, jest do něho vložena deska *b*. — Zařízení tohoto upotřebuje se nyní také místo popsané úpravy k připouštění kychtového plynu do zahřívače.

Ohříváním procházejícího vzduchu klesá zvolna teplota zahřívače i ohřátého vzduchu. Když teplota tohoto klesla o 80—100^0, takže by již nestačila, vevede se studený vzduch do druhého zahřívače, který byl mezitím vyhřát, a v prvém se počne topit.

Je-li kychtový plyn čistý, může býti zahřívač několik let v nepřetržitém chodu, aniž by bylo třeba jej čistiti. Jinak je tomu, obsahuje-li prach. Pak jest nutné občasné čištění, jelikož se prach usazuje v kanálcích a brání prostupu plynů i tepla. Zahřívače se čistí podobně jako komíny drátěným kartáčem, téhož tvaru jaký mají kanálky, uvázaným na lano, a koulí, pod ním pověšenou. Zahřívač se musí vypnouti z chodu a jakmile zchladl otevřením všech průlezů v několika dnech tak, že dělníci mohou v jeho kopuli krátce vydržeti — ochlazení až na teplotu zcela snesitelnou by vyžadovalo doby značně delší — vlezou do ní a pouštějí kartáč jedním kanálkem po druhém. Kartáč shrnuje prach, žlutavý, velmi jemný popílek dolů, odkudž bývá vyhrnut průlezy *l* a otvorem *k*.

Jelikož je popsaný způsob čištění, ač nejlepší, prací velmi obtížnou, vyžadující i vyloučení zahřívače po mnoho dní z chodu, hledí se její opakování co nejvíce oddáliti výpomocnými způsoby, které lze prováděti za chodu. Tak profukují se zahřívače občas napiatým vzduchem při otevřených průlezech. Jiný, energičtější způsob je, že se v nich odstřelují hmoždíře, jejichž náboj prachu byl ucpán pískem. Hmoždíř s přiloženým doutnákem, posazený na konec prkna, vsouvá se průlezy *l* a kanálem *k* do spodu zahřívače a odstřelí pokaždé na jiném místě. Popílek uvolňuje se jak mocným otřesem vzduchu, tak i — částečně — vystřeleným pískem; uvolněný odstraní se ze zahřívače vyfouknutím. —

V Králově Dvoře čistí zahřívače odstřelováním jednou v měsíci a kartáči jednou za čtvrt roku.

Úspor kychtového plynu možno dosíci, když se vevádí do zahřívače místo studeného vzduchu, potřebného k hoření, vzduch oteplený. Proto stavěly se Cowperovy zahřívače též tak, že měly v plášťovém zdivu spodní části spalovací komory nebo i v jejím dně kanálky, kterými procházel vzduch, aby se ohřál, než se smísil s plynem. Myšlenka tato opuštěna, poněvadž kanálky seslabují zdivo zahřívače.

Vadou zděných zahřívačů jest, že neohřívají vzduch na stálou teplotu, nýbrž že tato kolísá. Uvedené vadě hledí se čeliti v poslední době tak zv. vyrovnávacím zahřívačem (Ausgleicher), který je podoben zvenčí normálnímu, uvnitř však jest přepažen uprostřed svislou stěnou v půlky, vyplněné vesměs kanálkovým zdivem. Působí tak, že ubírá něco tepla vysoko ohřátému vzduchu ze zahřívače právě vytopeného, sám se ohřívaje, aby je zase vydával, jakmile počne proudit ze zahřívače vzduch chladnější; vystupuje z něho tedy vzduch celkem stejnější průměrné teploty.*)

K dosažení dalších úspor kychtového plynu navrhl Američan Gayley koncem r. 1904 sušiti vzduch pro vysoké peci, než se vevede do zahřívačů, t. j. odstraňovati jeho vlhkost rychlým ochlazením. Zchladil-li se vzduch ten s teploty 25^0, jakou obyčejně má, na -5^0, klesla jeho vlhkost s 18 *g* v m^3 na 3 *g*, a snížila se tím i potřeba tepla k jejímu odpaření v zahřívačích. Sušení, které vyžaduje nákladných chladicích komor, bylo zavedeno i v Evropě, ale ne všude se zdarem.

2. Vysoká pec.

Přísluší diagramy č. 5., 6., 7. a tabulky 12., 13., 14., 15., 16. a 17.

a. Zařízení vysoké peci.

Vysoká pec se skládá odedávna ze dvou komolých kuželů, základnami k sobě obrácených, z nichž spodní a mnohdy i vrchní přechází ve válec. Někdy bývá mezi obě kuželové části vložena ještě nízká část válcová (*r*, diagr. č. 5.). Svislý řez pecí jest zřejmý z diagr. č. 5. a z tab. 13.

Diagr. č. 5. znázorňuje konstruktivně koksovou vys. pec v Donavicích u Lubna ve Štýrsku, která vytavuje 250—280 *t* sur. železa ve 24 hodinách. Na nepoddajném základu vyzděn podstavec *C*, na němž leží kruhová mísa ze silného plechu s okrajem, přesahujícím traversy v ní uložené. Na traversách spočívá podstava peci (Gestell), vyzděná do plechového pláště se dnem. As polovinu její výšky zabírá dno peci *D*, složené z několika vrstev šamotových kamenů, chlazené ze spodu vodou,

*) Bližší viz Stahl u. Eisen 1899, str. 273 a 1903, str. 449.

jíž mísa naplněna. Na dně *D* vyzděna další část podstavy a na té kuželová zarážka *z* (Rast), obejmutá na zevnějšku také plechovým pláštěm.

Poblíže vrchního okraje podstavy ústí do peci 8 dmychacích trubic neboli forem *f* (obr. III., diagr. č. 6.), jimiž vháněn jest žhavý vzduch, prošlý zahřívači. Rovinou forem *AB* rozdělena podstava v menší část vrchní a ve větší spodní, tak zv. nístěj *n*. Nad formami jest v peci ruda s palivem a tavidlem, pod nimi shromažďuje se v nístěji vytavené železo se struskou. Donavická pec má nad hlavními formami výjimečně ještě dalších 8 pomocných *f'*, jež se uvádějí v činnost jen za poruch jejího pravidelného chodu (na př. když zavážka zůstane viset). Nejméně 350 *mm* pod formami *f* jest otvor k vypouštění strusky, tak zv. výpust strusková *v'*, od níž vedou žlábky *u*, *u'* (viz též obr. III., diagr. č. 6.). Železo odpouští se výpustí železa *v* neboli odpichem na dně nístěje.

Nejširší část peci, *r*, zove se rozporem (Kohlensack). Vrchní kužel, šachta *s* (Schacht), nesedí na zarážce *z*, nýbrž na nýtovaném nosníku, podepřeném osmi sloupy *S* z kujného železa (viz též obr. III., diagr. č. 6.), aby se mohly obě hlavní části peci teplem volně a na sobě nezávisle roztahovati a pak, aby bylo lze zdivo zarážky a podstavy, kteréž nejvíce trpí, bez obtíží vyměniti. Nyní se staví také peci bez této mezery. Na konsolách, přinýtovaných ke sloupům, leží potrubí *t* pro žhavý vzduch, jdoucí kolem peci, od něhož vedou odbočky s ventily *x* a částmi *q*, *y* k formám *f*. K umenšení ztrát sáláním vyložen větrovod *t* a pokud možno i odbočky ohnivzdorně. Sloupy *S* nesou ještě konsoly pro plošiny, nutné k obsluze, vystupování na pec, dohledu, opravám, zavěšení potrubí na chladicí vodu a pod. Sloupy ty přecházejí konečně v lehčí mřížované S_1, na nichž spočívá kychtová neboli kološníková plošina *p* (*K* na tab. 13.), aby neležela na zdivu peci a byla nezávislá na jejím pohybu.

Poněvadž zplodiny hoření jakož i plyny, vznikající rozkladem rud ve vys. peci, jsou k dalšímu zužitkování chytány, jest pec nahoře uzavřena a otvírá se jen tehdy, když má být plněna čili „zavážena“ t. j. když má býti do ní přidáno rudy, paliva a tavidla. To děje se v Donavicích 50kráte za den, tedy vždy as po půl hodině, v jiných hutích v mezidobích 12 až 58minutových. Proto má býti závěr tak konstruován, aby dovoloval pec snadno a rychle otevříti i zavříti a pak, aby za plnění byla otevřena dobu co nejkratší.

Popisovaná pec má závěr Parryho, význačný tím, že pec končí válcovým nástavkem, ze kterého kychtový plyn odváděn je stranou hrdly *d*. Závěr složen ze dvou kuželů, obyčejně z oceli ulitých, vrcholy k sobě obrácených, z nichž vrchní, vytvořený z částí *c*, *b*, jest pevný, neboť leží patkami na nástavku peci. Naproti tomu je spodní kužel *a* svisle pohyblivý. Aby se dal do peci vložiti, musí býti pevný kužel rozdělen ve dvě části. Za montáže uloží se nejdříve část *c* vrchního kužele. Jí se spustí do peci kužel *a*, načež se teprve posadí část *b*.

Kužel *a* visí táhly *e* na příčce *g* a ta zase táhly *i* na příčce *h*, nasazené na píst brzdicího válce *l*, který sedí na nosnících *m*, podepřených sloupy *j*. Kužel *a* udržují v nakreslené nejvyšší poloze, za které je pec uzavřena, neznačená protizávaží; pohybují se podél sloupů *j* a visí na řetězech, přichycených k příčce *g* a vedených přes kladky uložené na nosnících *m*. Prostor nad pístem brzdicího válce, naplněného buď vodou nebo glycerinem nebo směsí obou tekutin, spojuje s prostorem pod pístem trubka s vloženým regulačním kohoutem. Je-li kohout zavřen, nemůže tekutina přecházeti s jedné strany válce na druhou, píst se pohybovati. Za tohoto stavu, trvajícího as půl hodiny, sype se zavážka — palivo, tavidlo i ruda — kolkolem do prostoru, vytvořeného oběma kuželi. Je-li jí tam náležité množství, spustí se kužel *a* otevřením kohoutu, a zavážka sjede do peci najednou. Rychlost klesání kužele lze říditi větším nebo menším otevřením kohoutu. Tíhy zbavený kužel zvednou protizávaží zase do původní polohy, ve které se pojistí zavřením kohoutu. Vyžadovalo tedy plnění, aby pec byla otevřena jen kratičkou chvilku. Kužel *a* jest veden přilitými žebry a příslušnými ploškami na části *b*.

Po tomto celkovém přehledu, vztahujícím se na zvolený příklad, následujtež některé podrobnější údaje o vys. pecích vůbec.

Konicity obou hlavních kuželových částí jsou ustálené; průměrná hodnota úhlu šachtového (sklon vnitřní povrchové přímky k vodorovné) jest 86°, úhlu zarážkového 76° (tab. 13.). Zarážka se rozšiřuje, aby plyny vzniklé hořením ve výši forem rychle chladly, jak žádají vnitřní pochody. Její výška závisí na redukční schopnosti rudy. Ruda těžko redukovatelná, potřebující delšího pobytu v zarážce, podmiňuje její větší výšku. Stěny peci bývají provedeny z nejlepších šamotových cihel, nyní 75—100, dříve průměrně 130 (meze 80—200) a v Americe pouze 67 *mm* vysokých; zvláště vynikající jakosti vyžaduje zarážka a podstava, jelikož cihly těchto částí mají vzdorovati nejen žáru, nýbrž i chemickému vlivu strusky. Avšak i takové vydržely by jen krátce, kdyby nebyly vydatně chlazeny na zevnějšku vzduchem a vodou. Jelikož tato působí účinněji, chladí se jí části nejvíce ohrožené, totiž zarážka a podstava, po nichž stéká. Též prokládají se stěny šachty a zarážky d u t ý m i, plochými tělesy, nejčastěji z ocelové litiny nebo šedé litiny, řidčeji z bronzu, jimiž proudí stále studená voda. Chladicí vložku v šachtě, pojištěnou ve zdivu pásy *p*, naznačuje obr. I. tab. 12., litinovou se zalitou železnou trubkou, pro zarážku, znázorňují obrazy III. a bronzovou, také pro zarážku, obrazy II. téže tab. Jinak chladí šachtu jen vzduch, pročež se neobezdívá obyčejným zdivem jako dříve. Její stěna bývá dole 750—1200, nahoře 700 až 800 *mm* silná, odstupňovaná. Aby tlakem náplně a vlivem tepla se nerozstoupila (po zatopení nabývá), objímá se buď plechovým pláštěm nebo častěji stahuje železnými pásy *p* způsobem, patrným z obr. IV., tab. 12. Pásy, kryjící každou druhou spáru, čímž každá cihla jest chycena, jsou na koncích spojeny šrouby *r* (obrazy V. a VI. téže tab.) nebo svorníky a plochými články (obr. VIII. téže tab.). Stažení peci

ve výši forem udává obr. VII. Pásy domácích pecí mají na šachtě průřezy až 120 × 20, na podstavě až 200 × 28 *mm*. — Pod závěrem bývá zdivo šachty někdy chráněno před vytlučením padající zavážkou kroužkem plechovým nebo z ocelové litiny.

Podle návrhu Burgersova z r. 1900 provedeno jest v Německu as 6 pecí, které nemají šachtu zděnou, nýbrž sestavenou z litinových kuželových kroužků síly as 60 *mm* ve stěně, opatřených na zevnějšku přírubami k spojení, žlábky na vodu a svislými výztužnými žebry, uvnitř pak jen slabým šamotovým vyložením v tloušťce as 60 *mm*, drženým vodorovnými žebry téže výšky (obrazy I., II., tab. 14.). Celá šachta musí býti chlazena stékající vodou. Peci tyto, podržující stále týž profil, se v Evropě nerozšířily; nyní se staví spíše v Americe, avšak nikoli s drahým litinovým pancířem, jejž nutno na dosedacích plochách přírub opracovati, nýbrž s pancířem z kotelního plechu, 20—25 *mm* tloušťky, a s ohnivzdornou vyzdívkou 230—300 *mm* silnou.

Stěna zarážky mívá tloušťku 600—700 *mm*, podstavy 900—1600 *mm*, dna podle velikosti peci a bezpečnosti proti proniknutí železa 1200—2500 *mm*. Dno jest provedeno jako klenutí z několika vrstev náležitě zformovaných kamenů, 450—650 vysokých, pro tlak působící zdola, vyvozený železem vniknuvším do spár. Měřicími dírkami, ponechanými ve stěnách, možno se občas přesvědčiti o tloušťce zdiva nebo určiti sílu vnitřních usazenin. — Průměrná tloušťka plechového pancíře šachty bývá 15, podstavy 25 *mm*.

Avšak i za vydatného chlazení seslabují se stěny podstavy i zarážky a nastává mnohdy i hluboko vnikající rozklad dna. Proto navrhl r. 1890 Burgers nahraditi šamotové kameny těchto částí v místech obzvláště ohrožených koksovými. Tyto formují se z dobrého, jemně rozemletého koksu, vázaného as 25% dehtu, načež se suší a vypalují při 1300° ve formách přesně přiléhajících a neprodyšně uzavřených. Snesou podobně jako obloukové uhlíky nejvyšší žár, jsou velmi tvrdé, strusce vzdorují. Nesmí však míti k nim přístupu vzduch, aniž mohou býti v prostorách, kde jest více CO_2, jelikož by shořely podle rovnice $CO_2 + C = 2\,CO$. Proto nelze jimi bezprostředně obezdíti forem a odpichů; také nutno zabrániti přístupu vzduchu zvenčí. Uváděna-li pec v chod, musí býti chráněny. Celkem však neposkytují zvláštní bezpečnosti a když, jest její příčina v tom, že koksové kameny hotoví se veliké; pro dna na př. až 1200 *mm* výšky.

Plechový plášť podstavy donavické peci opatřen dírkami, uspořádanými ve šroubovicích. Nastane-li nebezpečí, že železo by mohlo některým místem podstavy proraziti, zastrčí se do dírky místu tomu nejbližší trubka, kterou se žene dovnitř studená voda; rychlé ochlazení oslabeného místa zamezí průlom zdiva. Výtok železa stěnou podstavy je nebezpečný, jelikož, dostane-li se toto ve styk s chladicí vodou, může nastati explose. Stalo-li se tak přece, nutno pec zastaviti, průlom vyčistiti a zazdíti. Podstava

mnohých pecí spočívá p ř í m o na základu, jak znázorňuje obr. I., tab. 13.; pak nemůže býti ovšem chlazena vodou i ze spodu.

Dmychací trubice, formy *f* (obr. IX., tab. 12.), také chlazené vodou, tedy s dvojitými stěnami, jsou buď ulity z fosforového bronzu nebo zhotoveny z měděného plechu. Mají dle velikosti peci délku 600—1000 *mm*, světlost konce, sahajícího 200—500 *mm* do peci, 100—210 *mm*. Občas se pootočí, aby netrpěly žárem stále na jednom místě. Studená voda vchází do nich spodem, oteplená as o 10—15⁰ vychází horem; mohla by býti oteplena až i o 40⁰, avšak potom stoupá množství usazenin. Odpadové trubky neústí do sběrné trouby, nýbrž končí volně, aby výtok vody z nich byl dobře viditelný. Má býti na prvý pohled zřejmo, že voda správně proudí, že tedy trubky nejsou ucpány aniž formy porušeny. Na K l a d n ě upotřebují forem vzadu otevřených, do nichž je voda vstřikována. Spotřebují více vody, mohou však býti čištěny zvenčí i za chodu; jsou na místě, když chladicí voda jest velmi špinavá a mnoho usazuje. Malé peci mívají 2—4, veliké 6—12 forem. Volí se jich tolik, aby na vnitřním obvodu podstavy byly od sebe vzdáleny 1—1·1 *m*. Nyní se nekladou přesně diametrálně proti sobě, nýbrž přesazeně, aby se vzduch nevzdouval. Z téhož důvodu volí se jich s oblibou lichý počet. Formy menších pecí jsou bez chladnic, kdežto formy větších leží v c h l a d n i c í c h *u* (obr. IX., tab. 12.), založených do výklenků ve zdivu a taktéž chlazených vodou. Jsou to buď veliké litinové formy, do nichž vlastní formy zastrčeny, nebo se skládají z litinových dutých těles; bezpečnější jsou ovšem chladnice bronzové.

Potrubí na žhavý vzduch mívá s v ě t l o s t od 400 do 1000 *mm* pro největší výkony; velmi často 600 *mm*. Jeho vyzdívka se volí nyní silná, často 500 *mm* (ve dvou soustředných vrstvách), nejméně alespoň 250 *mm*.

Odbočky od kruhového větrovodu *t* (diagr. č. 5.) k formám *f* provádějí se různě. Na diagramu nakreslené se skládají z hrdel na větrovodu, kolen, kulových ventilů *x*, z částí *q*, *y* a konečně z píšťal, vnikajících do forem. Části ty jsou vyloženy šamotovými cihlami, může-li býti vyložení silnější, nebo alespoň osinkem v tloušťce as 60 *mm*, aby zmenšeny byly ztráty ochlazováním. Vzduch vniká do peci, jsou-li ventily *x* otočeny o 90⁰ proti poloze nakreslené. Kukátkem *o*, uzavřeným slídovou deskou nebo také jen kovovou destičkou s dírkou as 1 *mm* v průměru, lze pozorovati pochod v peci. Spojení jednotlivých částí tohoto potrubí má dovoliti snadné vytažení píšťal z forem, mají-li býti tyto vyměněny nebo nutno-li uraziti na nich sochorem usazeniny, vzniklé ztuhnutím strusky nebo i železa, které by jejich ústí ucpaly a znemožnily vstup vzduchu. Proto je styk částí *q*, *y* i píšťal kulový, dovolující zlomení potrubí, za kterého mohou býti píšťaly vyňaty, aniž by bylo nutno demontovati kteroukoliv další část.

Mnohem lépe vyhovuje vyslovenému požadavku úprava, užitá u vysokých pecí v Králově Dvoře (obr. IX., tab. 12.). Tam se skládá každá odbočka z delší litinové trouby s vloženým plochým uzavíracím šoupátkem *v*

a z kratší *b* se zpětnou klapkou *n*, které jsou spolu sešroubovány a přichyceny jednak šrouby k vyzděnému hrdlu větrovodu *t*, jednak táhly *k* k zarážce peci. Vodorovná píšťala *l* se šikmým hrdlem je připojena k troubě *b* jen třmenem f_1, jehož hákovité okraje visí na přírubě trouby *b*, a jediným upínacím šroubem *j*. Odpadá tedy zdlouhavé vyjímání mnoha přírubových šroubů z horkých částí. Levý, vroubkem sesílený, konec píšťaly, jejíž světlost odpovídá přibližně světlosti ústí formy, jest utěsněn v této, kdežto pravý uzavírá oklopné víko *e* s kukátkem *o*. Víko lze otočiti kol čepu *2* po uvolnění závlačky *a*. K regulaci množství vzduchu, vháněného formami do peci při zcela otevřených šoupátkách *v*, k tomuto účelu se nehodících, jelikož brzy uvíznou, jsou tu litinové, na zevnějšku kuželové kalibrové vložky *m* s různým vrtáním (na př. 60, 70, 80, 90, 100 a 110 *mm*). Má-li vcházeti některými formami více vzduchu, vsunou se do nich vložky s větším vrtáním a naopak. Vhodnou volbou vložek lze zvýšiti nebo snížiti žár na jedné nebo druhé straně peci.

Klade-li usazenina, která by ústí formy ucpala, menší odpor, lze ji uraziti dlouhým železným sochorem, vevedeným píšťalou, když se otevřelo její víko *e* a vytáhla vložka *m*. Třeba-li silnějších rázů zblízka, nutno píšťalu i kalibrovou vložku z formy vyjmouti, což se provede snadno po uzavření šoupátka *v*, povolení šroubu *j* a snětí třmenu f_1. Pojišťovací klapka *n*, otočná kolem kloubu *1* a otvírající se dovnitř trouby *b*, vpouští do potrubí samočinně atmosférický vzduch, čímž se vznítí plyny, vniklé do potrubí z peci, když bylo šoupátko *v* zavřeno nebo přestal prouditi napiatý vzduch.

K vytvoření odpusti železa ponechán ve zdivu otvor as 500 *mm* široký a 600 *mm* vysoký, který se vypěchuje, po vložení modelu na vlastní odpich, ohnivzdornou látkou z hlíny, grafitu, koksu a magnesitu, již nutno často obnovovati, poněvadž nelze zvyšovati její trvanlivost chlazením vodou, které by bylo vždy nebezpečné. Odpich se uzavírá zátkou z tvárné, ohnivzdorné hmoty. — Pro odpust strusky vkládá se nyní do peci bronzová, vodou chlazená forma Lürmannova s chladnicí, 150—300 *mm* dlouhá, 30—50 *mm* vnitřní světlosti.

Kromě popsaného závěru Parryho s bočním odváděním kychtových plynů, obvyklého hlavně v Anglii a ve Spojených Státech, jenž jest jednoduchý, snadno ovládatelný, avšak nepřispívá k tomu, aby plyny, táhnoucí vždy více podél stěn peci, byly nuceny prouditi centrálně, jak žádají zvláště rudy těžce se rozkládající, jsou ještě další dva základní typy, totiž Langenův a Hoffův, vyskytující se nejvíce v Německu; vyznačujíce se centrálním odvodem kychtových plynů, čelí vytknuté chybě.

Závěr Langenův neboli zvonový (obr. I., tab. 15.)*) skládá se ze dvou pevných a jedné pohyblivé části. Pevnou částí jest kužel *a*, plechový nebo ulitý z oceli, sedící pevně na nosné konstrukci kychtové

*) Též na ústavním filmu.

plošiny; s ním tvoří celek válcový těsnicí kroužek a_1, jenž zasahuje do žlábku *b*, ležícího na okraji peci a vypěchovaného hlinou nebo dehtovou hmotou; úprava tato nevadí podélnému pohybu šachty. Druhou pevnou součástí závěru jest plechová soustředná trouba *c* s vodním žlábkem *d*, která sahala dříve jenom až k zavážce, kdežto nyní sahává podobně jako při závěru Hoffově 2—4 *m* do ní, aby ji nadlehčila a přivodila centrální proudění plynů. Pohyblivou část závěru tvoří zvon *e*, dosedající spodním okrajem na kužel *a* a utěsněný k troubě *c* vodou. Visí na rozvidleném vahadle, jaké bude poznáno při závěru Hoffovu. Předností Langenova zvonového závěru jest, že pec může býti plněna skoro až po pevný kužel *a*, kdežto u obou ostatních závěrových typů musí zůstati pod ním prostor pro pohyb vnitřního uzavíracího kužele. Při zvednutém zvonu jest povrch zavážky shora částečně přístupný. Síla potřebná k zvednutí zvonu je však větší než u obou ostatních typů, jelikož nutno přemoci tření mezi ním a zavážkou.

Závěr Hoffův znázorněn na tab. 13. Pevně uložená soustředná trouba *T*, sahající svým rozšířeným spodkem do peci, sedí patkami na pomocných traversách (obr. I.), zanýtovaných do nosníků N_2, které leží na nosnících N_1 a ty přímo na hlavních sloupech *S*. Z trouby *T* klesá kychtový plyn při zvednutém talíři *V* rohového ventilu šikmou, dolů skloněnou troubou T_1 do potrubí T_2, vedoucího k lapáku prachu. Vlastní závěr peci se skládá jako závěr Parryho zase ze dvou kuželů, zevnějšího, sedícího pevně na šachtě peci a vnitřního, axiálně pohyblivého, utěsněného k troubě *T* vodní uzávěrkou. Vnitřní kužel visí na rozvidleném vahadle *U* (viz půdorys obrazu II.), uloženém na traversách zanýtovaných do nosníků N_2, a to na každém rameni vidlice táhlem rozbíhajícím se ke dvěma závěsným bodům. Závaží *Y* na delším rameni vahadla vyvažuje skoro zcela váhu pohyblivého kužele. Na rameno to působí také hnací závěrné ústrojí, vytvořené parním válcem *P*, jehož pístová tyč jest prodloužena a spojena táhlem s vahadlem *U*. Působí-li pára nad pístem válce, je pec zavřena. Jejím vypuštěním a vevedením pod píst stoupá delší rameno vahadla, pohyblivý kužel klesá. Aby se klesání a zavírání dělo přiměřenou rychlostí, bez rázů, stojí vedle parního válce ještě válec kataraktový *O*, naplněný vodou nebo glycerinem, jehož píst je připojen k vahadlu *U* podobně jako píst parního válce a jehož spodek spojuje se svrškem trubka s vloženým regulačním kohoutem. Podle velikosti otevření kohoutu může tekutina prouditi s jedné strany pístu na druhou rychleji či volněji, a následkem toho pohybovati se i vahadlo větší nebo menší rychlostí. Aby bylo možno pec zavříti i v tom případě, kdyby v době zavírání prasklo přívodné parní potrubí, vylítla ucpávka a pod., jest konec delšího ramene vahadla spojen ještě řetězem s ručním zdvihadlem *Z*, tvořícím tedy pojistné zařízení. Manipulace za plnění je táž jako při závěru Parryho. Před spuštěním zavážky do peci se spustí ventilový talíř *V* na sedlo, jak nakresleno na obr. II., aby atmosférický vzduch nevnikl z otevřené peci troubou *T* do potrubí T_2 s kych-

tovým plynem a jej po případě nezapálil. Po tuto dobu unikají plyny z peci ventilem K_1 na troubě T. Klapka K_2 jest pojistnou; má se otevříti jen v případě explose v potrubí T_1.

Při plnění je snahou, aby ruda zůstala u stěn šachty, kdežto koks má se dostati doprostřed peci. Proto se sype do zavřeného kužele vždy nejdříve koks, který sjíždí, má-li pec závěr Langenův, hned k jejímu středu, avšak dostává se tam teprve odrazem od stěn šachty, je-li opatřena závěrem Hoffovým nebo Parryho. — Kromě poznaných ústrojí k pohonu pohyblivých částí závěrových jsou ještě pneumatická a elektrická, z nichž poslední předčí všechna ostatní.

Na tab. 13., znázorňující schematicky vysokou pec v Král. Dvoře s příslušenstvím, značí dále *A* kruhový větrovod, *B* kruhové hlavní vodní potrubí, z něhož vedou odbočky ke všem chlazeným místům, *D* formy, *E* struskovou odpust, *C* výpust železa, *M* žlab, kterým odtéká chladicí voda a do něhož se pouští struska ze žlábku *E*, má-li býti zrněna, F_1, F_2, F_3, F_4 ochozy a *K* kychtovou plošinu.

Ať má pec kterýkoli z poznaných závěrů, musí se k plnění otevříti, byť i jen na kratičkou dobu. To má za následek, nepřihlíží-li se ke ztrátě cenného kychtového plynu, přerušení jeho proudu, které může míti nemilé následky. Proto, jakmile se počaly zaváděti motory na kychtový plyn, stal se nezbytným závěr, jenž by neponechal pec za plnění otevřenu ani okamžik. Takovým je závěr d v o j i t ý, složený ze dvou jednoduchých, umístěných nad sebou. Otevřením vrchního závěru klesne zavážka nejdříve na závěr spodní a teprve po zavření vrchního a otevření spodního do peci. Příklad dvojitého závěru podávají obraz I. a II., diagr. č. 6.

Pohyblivý kužel *a* vrchního závěru visí tyčí *t* na vahadle i_1, otáčejícím se volně na ose *j*. Na vahadlo to působí parní válec v_1. Pohyblivý kužel *b* spodního závěru visí dvěma táhly t_1 na dvojitých vahadlech *i*, spojených na druhých koncích příčkou, na kterou působí uprostřed píst parního válce *v*. Plnění peci, opatřené tímto závěrem, je samočinné, šikmým výtahem, takže na kychtě není třeba dělníků. Zavážka zvedána jest v kbelíku *l* o čtyřech kolečkách, pojíždějících po šikmých kolejnicích *k*, k_1. Nahoře běží zevnější kolejnice k_1 pro zadní kolečka rovně, kdežto vnitřní kolejnice *k* pro přední kolečka se ohýbají. Vyběhne-li kbelík do tečkované polohy, je tak skloněn, že se jeho obsah vysype samočinně do násypky *g* vrchního závěru; do peci dostane se zavážka poznaným způsobem.

Zavážka zvedána na kychtu v ý t a h y různých konstrukcí, které musí býti především spolehlivé, jelikož mají bezpečně zvedati poměrně veliké množství hmot při nepřetržitém provozu. Přednosti zasluhují ty, jež omezují co nejvíce ruční práci na kychtě, před pecí, jakož i přesypávání zavážky, zvláště koksu, pád tohoto s velké výše a zajišťují stejnoměrné rozložení zavážky v peci.

Nepřihlíží-li se k starším konstrukcím, byly do nedávna velmi rozšířeny s v i s l é k l e c o v é v ý t a h y (tab. 17.), umístěné ve výtahové

věži, spojené nahoře mostem s kychtovou plošinou. Vyžadují na kychtě více dělníků k dopravě zvednutých, plných vozíků od výtahové věže k závěru a prázdných nazpět. Vyklopování vozíků na 0·4—0·75 *t* rudy a tavidla, 0·2—0·3 *t* koksu, je ruční. Pohon klecí parními nebo i elektrickými těžními stroji.

Svislé výtahy byly vytlačeny šikmými se samočinným vyklápěním kbelíku na 4—5 *t* rudy, opatřeného kolečky (obr. I., diagr. č. 6.), původu amerického (z r. 1881). Na kychtě třeba pouze muže pro kontrolu práce a chodu peci. Jejich počáteční vada nestejnoměrného rozdělování zavážky byla odstraněna zavedením soustředné otáčivé násypky, jejíž šikmý výpad pouštěl zavážku vždy na jiné místo v peci. Koks, vysypávaný z kbelíku, padá však do násypky závěru s veliké výšky, čímž se drtí. Mimo to nutno zavážku přesypávati do kbelíku, konajícího na výtahu jen cestu vzhůru a zpět, aniž by mohl vyjeti, změniti své místo. Novodobé výtahy čelí těmto vadám.

V Německu a v severní Francii se rozšířily šikmé výtahy s válcovými košíky Neelandovými, také amerického původu. Košík *K* (obr. III., tab. 14.) na 4—12 *t* má válcový plášť a dno složené ze dvou kuželů. Vnitřní kužel možno spustiti, takže úprava košíku odpovídá zcela jednoduchému závěru vys. peci. Původně sázen byl košík pouze na jednoduchý Parryho závěr; později ukázalo se lepším, sázeti jej na závěr dvojitý, jak naznačeno i na obr. III. tabulky 14. Pohyblivý kužel *a* spodního závěru peci visí na příčce *q*, dostávající táhly t_1, t_2 pohyb nahoru a dolů. Vrchní závěr peci tvoří kromě pevného kužele pohyblivý kužel *b*, nesený dvěma dvojramennými pákami p_1, p_2, s nimiž je spojen krátkými kloubovými články. Závaží z_1, z_2 pák drží kužel *b* v poloze zavřené

Neelandův košík visí tyčí *d*, připevněnou k pohyblivému dnu, na vozíku *L*, který pojíždí po šikmé výtahové dráze. Na Stählerově konstrukci této dráhy pobíhají přední kola těžního vozíku po kolejnicích *k*, zadní, s větším rozchodem, po kolejnicích k_1, opírajíce se zároveň o vrchní kolejnice k_2. V celé délce dráhy jsou kolejnice souběžné, jenom na jejím vrchním konci ohýbají se kolejnice *k* dolů, kdežto k_1, k_2 tvoří části kruhových oblouků. Těžné lano přichyceno je k zadní nápravě vozíku *L* a k jeho segmentu *s* připiat řetěz, na němž visí košík *K*, konající cesty pod výtahovou drahou. Když košík dospěl právě nad střed peci, jest vozík v poloze L_1; potom se pohybují zadní kola v oblouku, kdežto přední stojí, segment *s* se sklání a košík klesá svisle až jeho plášť dosedne na závěr. Dalším pohybem vozíku do polohy L_2 klesá kuželové dno košíku, sníží i kužel *b*, a zavážka sjede na spodní závěr. Po uvolnění těžného lana zdvihne nekreslené protizávaží košík, načež jej stáhne i s vozíkem *L* dolů. Vrchní závěr peci se samočinně uzavře působením závaží z_1, z_2 a zavážka spadne do peci po snížení kužele *a*.

Dole se posadí prázdný košík na vůz V_1, poháněný elektricky, který jej dopraví k nádržím na rudu N. Na obr. III. jsou naznačeny nádrže z vyztuženého betonu. Plní se rudou ze železničních vozů, zařízených na rychlé vyprazdňování. Proti peci jsou nádrže přerušeny výtahovou konstrukcí, avšak železniční koleje probíhají nerušeně na nosnících n, také ze ztuženého betonu. Z nádrží, opatřených šikmým dnem, vypouští se ruda spodem. V příkladě naznačeném na tabulce možno koks překládati ze železničních vozů hned do košíků nebo jej přivážeti i přímo od koksovny, má-li ji huť. V některých hutích dopravují košíky také lanovou drahou.

Dalšího zlepšení bylo dosaženo opatřením Neelandova košíku zdvižným víkem Nathovým (obr. IV., tab. 14.). Víko B má tvar příklopu, navléknutého na tyč b visící na těžném vozíku L, a ovládaného samočinně zařízením, uspořádaným na vozíku. Je-li tento dole, jest víko zdviženo a košík může býti do těžného lana zapiat nebo z něho vypiat. Když vozík dojede nad kychtu, spustí se víko na košík, jak naznačeno na obr. IV. Vysoká pec má jednoduchý závěr, utvořený pevným a pohyblivým kuželem, který složen z částí a, b. Část a visí uchy u_1, u_2 a táhly t_1, t_2 na poznaném vahadle. Ramena r této části nesou stojánek s, na kterém uložena vrchní část b kužele. Dosednuvší košík K zaujme polohu znázorněnou čárkovaně. Dalším, také již poznaným, pohybem těžního vozíku L sníží se dno košíku i s kužely a, b a zavážka sjede do peci, při čemž víko B utvoří druhý závěr. Potrubím P_1, P_2 odcházejí z peci kychtové plyny. Výtahy s Neelandovými košíky a Nathovým víkem pokládají se dnes za nejvýhodnější výtahovou konstrukci.

Výše uvedeným podmínkám, kterým mají vyhovovati výtahy, vyhovují též lanové visuté dráhy, vedené od nádrží na rudu, vápenec a koks, nebo i přímo od koksoven až na kychtu, takže nabraný koks není pak vůbec přesypáván. Nosné lano nahrazuje se kolejnicí, aby bylo možno vložiti do dráhy i oblouky. Pohon vozíků bývá také elektrický. —

Do popsané donavické peci bylo jednoho dne zavezeno a tedy výtahy zvednuto 523·0 t rudy, 24·5 t svařovací strusky a okují (dohromady rudné zavážky 547·5 t), pak 36·6 t tavidla (6·69% rudné zavážky) a 234 t koksu (40% rudné zavážky a tavidla, vážící dohromady 584·1 t). Činila tedy celková zavážka 818·1 t. Z té bylo vytaveno 260 t neb 31·78% surového železa. Z uvedeného je zřejmo, že pouze k přívozu surovin pro jednu pec a k odvozu výrobku bylo onoho dne třeba 82 + 26 = 108 vagonů. Jelikož má huť obyčejně více vysokých pecí (domácí na př. po čtyřech), je patrno, že vyžadují velkého vnitřního nádraží, aby potřebný pohyb hmot mohl býti bez obtíží vykonáván.

b. Pochod ve vysoké peci.

Pec je tedy naplněna vrstvami paliva, rudy a tavidla, které se doplňují zavážením v tom poměru, v jakém klesají, bez přestávky ve dne v noci, dokud pec za bedlivého ošetřování v chodu vydrží. Formami vháněný

horký vzduch naráží při vstupu do peci na koks, rozžhavený do běla, a spaluje jej za vysoké teploty v podstavě na CO, jenž je vlastní reagencí pochodu. CO_2 může vznikati toliko poblíže forem, jelikož se ve vzdálenějších místech za styku se žhavým koksem neudrží, nýbrž ihned rozkládá na CO podle rovnice $CO_2 + C = 2\,CO$. Také volný O by se udržel pouze v blízkosti forem; ve vzdálenějších místech by se spojoval s C koksu na CO. Rozkladem vtlačovaného vzduchu uvolněný N (79% objemových) se chemicky nemění, nýbrž ohřívá na teplotu spalovacího prostoru (1400 až 1600°).

Za výstupu ke kychtě odevzdávají oba plyny, CO i N, nabyté teplo hmotám, jimiž se prodírají, zároveň se ochlazujíce. Na CO rozkládá se též i malé množství CO_2, obsaženého ve vháněném vzduchu. Vlhkost vzduchu se rozpadá na H a O, kterýž pochod vyžaduje značně tepla. Tím se vysvětluje, proč zvláště menší vys. peci potřebují v létě, kdy je vlhkost vzduchu větší, více paliva než v zimě, a objasňuje oprávněnost sušení vzduchu, zavedeného G a y l e y e m.*) Rozkladem uvolněný H přechází zároveň s H z koksu do kychtových plynů, kdežto O se spojuje hned s C na CO, jenž se připojuje k ostatnímu. — Jsou-li v koksu nedokonale destilované kusy nebo obsahují-li některé ve svém vnitřku ještě surové uhlí, tvoří se v peci uhlovodíky; tak lze vysvětliti přítomnost metanu (CH_4) v kychtových plynech.

Dostane-li se CO na své cestě ke kychtě za nižší teploty než 1000° — v mezích asi od 900 do 300° — ve styk s látkami, jež by mu mohly poskytnouti O k oxydaci, v peci tedy s kyslíkatými rudami, odnímá jim ho, shořuje na CO_2 a ž e l e z o r u d u v o l ň u j e. Nepřihlíží-li se k postupné přeměně kysličníků, nýbrž pouze k poslední, děje se pochod ten podle rovnice $FeO + CO = CO_2 + Fe$. Poněvadž CO proudí vrstvami rud velmi rychle — projde pecí v několika vteřinách — shořuje ho jenom část na CO_2 a to tím menší, čím teplejší jsou vrstvy, jak tomu bývá při nesprávném chodu peci. Také klesá schopnost CO odnímati rudám O, smíšen-li s CO_2; při určitém poměru obou součástí zůstává plynová směs vůbec bez účinku. Konečně děje se v peci také opačný pochod pochodu uvedeného na prvém místě, že totiž CO může za styku s kysličníky železa přejíti v CO_2 a C podle rovnice $2\,CO = CO_2 + C$. Ze všeho plyne, že z vys. pecí nevychází jenom N, H, CH_4 a CO_2, nýbrž i CO.

Sledujeme-li postup zavážky, pak čerstvá se dostává do nejchladnější části peci, kde se ohřívá na teplotu procházejících plynů a pozbývá vody; prostor ten se zove proto o h ř í v a c í m. Voda může býti buď jenom hygroskopická nebo chemicky vázaná, jako na př. v hnědelech. Prvá se odpařuje již při teplotě přes 100°, kdežto druhá vyžaduje teploty 130 až 500, ba i 700°.

Čím níže klesá zavážka, tím více se oteplují její součásti. As při 300° počíná CO působiti na rudu, nastává tak zv. n e p ř í m á r e d u k c e.

---

*) Viz zahřívače vzduchu.

Neuvolňuje však železo hned, nýbrž způsobuje nejdříve přechod sloučenin kyslíkem bohatých ve sloučeniny chudší, až teprve při 700—900° uvolní kovové železo. Redukce probíhá v prostoru redukčním. Nutno si však uvědomiti, že prostor ten není od ohřívacího ani od zuhelňujícího a tavicího přesně oddělen, jelikož veliký kus rudy může se dostati na př. až do prostoru tavicího, aniž by bylo jeho železo redukováno. Vlivu CO nepodléhají všechny rudy stejně. Složena-li zavážka z kyzových výpražků, praženého ocelku, kusových hnědelů, podlehne z ní redukci 80—90%, je-li z praženého magnetitu, jen as 50% a je-li z pudlovací a svařovací strusky nebo z nepraženého magnetitu, není účinek CO skoro žádný. — Asi v témže tepelném rozsahu, v jakém působí CO, rozkládají se uhličitany zavážky (nepražený ocelek, vápenec a dolomit), k čemuž je třeba také značně tepla. Rozkladem uvolněný CO_2 zvětšuje obsah tohoto plynu v plynové směsi a snižuje její redukční mocnost.

Skoro zároveň s nepřímou redukcí probíhá zmíněný obrácený pochod, při kterém dvě molekuly CO dávají $CO_2 + C$. Tento uhlík, vylučující se v pevném tvaru, v podobě velmi jemných sazí, pokrývá houbovité, ještě se zemitými součástmi smíšené žhavé železo, které jej pozvolna přijímá. Tím stává se slitinou s poměrně nízkou teplotou tavení (1100—1200°), jež se taví až v tavicím prostoru, ve kterém taje i struska. Ta se počne tvořiti po rozkladu uhličitanů vzájemným působením nezredukovaných kysličníků, zemitých součástí rud, tavidla i popelu a rozpouštěním jedné ze jmenovaných součástí v druhé. Časnější nebo pozdější vznik strusky má na pochod ve vys. peci veliký vliv. Čím později se tvoří, tím vydatnější je nepřímá redukce kysličníkem uhelnatým. Ten totiž nerozloží oněch sloučenin, jichž redukce jest obtížná. Ty přecházejí pak do strusky a k jejich redukci je třeba mocnějšího prostředku, jenž by působil za vyšších teplot než CO a tím je C ve tvaru žhavého koksu. Redukce uhlíkem, počínající vznikem strusky a dějící se ve spodní části zarážky a vrchní podstavy, zove se přímou; potřebuje značně více tepla než nepřímá, kterou snaží se proto hutník co nejvíce podporovati.

Železo mělo by býti uvolněno vesměs nepřímou redukcí. Bývá tomu však bráněno předčasným převedením jeho kysličníku do strusky, což nastává zvláště při zpracování těžko redukovatelných, železem bohatých rud, na př. magnetitu. Přímou redukci, která uvolnění železa dokoná, podporuje zásaditá struska. Redukce podaří se tak, že za správného chodu peci zůstanou ve strusce jen 0·2—0·5% železa; vzniklá struska je světlá. Též jen přímou redukcí za vysokých teplot mohou býti uvolněny a do sur. železa převedeny jeho významné součásti Mn, Si a P. Přechodu škodlivé síry z rud a zvláště z koksu hledí se zabrániti vápenatou struskou. Zavážka projde pecí podle jakosti rud, koksu a vytavovaného železa v době 8 až 26 hodin.

Klesne-li teplota v peci z jakékoli příčiny pod žádoucí výši, zmenší se i přímá redukce. Železo, zůstávajíc částečně ve strusce, ji zabarvuje,

pec má chod chorobný, nespěrý neboli sirý (Rohgang), na rozdíl od správného, spěrého (Gargang). Chorobný chod prozradí barva strusky, při správném chodu světlá, kdežto při nespěrém hnědá až černá, zbarvená kysličníkem železnatým. Množství paliva v podstavě nestačilo k redukci železa. Zvýšenou přímou redukcí klesla tam teplota. Železo z peci odpuštěné je husté, má málo Si, Mn i C, ale mnoho S. Příčinou nesprávného chodu může býti pochybené druhování rud, málo koksu nebo špatný, veliká vlhkost zavážky, vniknutí vody z prasklé formy a j. Prvou pomůckou k zjednání nápravy jest snížení zavážky rudy nebo zvýšení množství paliva, jakož i teploty vháněného vzduchu. Za provozu pozoruje se stále teplota kychtových plynů, poměr CO_2 ke CO a barva strusky.

Další nebezpečná porucha nastane, zůstává-li zavážka viset, a tvoří-li se v peci pevné usazeniny, zamezující nerušený postup vrstev. Pomáhá se opakovaným rychlým zaražením vháněného vzduchu (zmizí tlak působící vzhůru), vytažením forem, aby palivo hořelo více na obvodu peci, v nejkrajnějším případě odstřelem.

c. Produkty peci.

(Diagr. č. 7. a tab. 15. a 16.)

Kychtové plyny. Obsahují poznané součásti ve složení na př. 26·0% CO + 9·0% CO_2 + 0·5% CH_4 + 3·0% H + 56·0% N + 5·5% H_2O. Jejich napětí na kychtě bývá obyčejně jen malé, 15—50 *mm*, celkem však podle tlaku vzduchu v mezích od 15 do 500 *mm* vodního sloupce. Jejich teplota závisí na ročním čase, na tom, je-li zavážka mokrá nebo suchá, na vnitřním pochodu peci a bývá nejčastěji 350—150°. Také hned po plnění je teplota kychtových plynů nižší než později; stoupá tím více, čím řidčeji se zaváží. V uvedeném příkladě složení kychtových plynů zaujímá cenný CO 26% objemu veškerých plynů. Počítá se, že na každý *kg* paliva, spáleného v peci, uniká z kychty 4·5 m^3 plynů, jež obsahují tedy 1·17 m^3 CO. Jelikož větší koksové peci spotřebují denně 250 *t* koksu i více (donavická v den pozorování 234 *t*), je množství plynů z nich unikající veliké. Jsou to plyny hořlavé s průměrnou výhřevností 850 kalorií (meze 600—950 kal.). Při správném zařízení může teplo, získané spálením těchto plynů, nejenom ohřáti vzduch vháněný do vysoké peci, vyvinouti dostatek páry k pohonu dmychadel, vodních pump, výtahů, případně opatřiti pohon plynových motorů, nýbrž může ho ještě značně zbýti k jiným účelům.

Podle diagr. č. 7., na kterém znázorněna graficky bilance tepla moderní vys. peci s plynovými motory, vytavující 250 *t* sur. železa denně, spotřebuje pec z veškerého tepla obsaženého v palivu 52%, kdežto 48% ho odchází v kychtových plynech. Z tohoto množství spotřebují zahřívače (14 : 48) 100 = 29%, 19% stroje patřící k peci a 52% ho zbývá k jiným

účelům, na př. k pohonu elektrické centrály, z níž může býti napájeno celé okolí, nebo k pohonu válcoven, k vytápění ohřívacích neboli svařovacích pecí, v novější době k topení pecí Martinových buď samotným kychtovým plynem nebo jeho směsí s plynem koksovým, k vytápění směšovačů sur. železa, sušicích komor i forem ve slevárnách a pod.

Jelikož kychtové plyny obsahují vodní páru a v 1 m^3 až 20 *g* jemného prachu, strženého z peci do potrubí, nemůže jich býti užito přímo, nýbrž teprve, když byly zbaveny obou těchto škodlivých součástí. Vodní pára sráží se samočinně ochlazováním v potrubí, kdežto prach nutno odstraňovati. Plyn k topení (v zahřívačích, pod parními kotli a pod.) nemá ho obsahovati více než 0·1—0·5 *g* v m^3, aby neucpával na př. kanálků ohnivzdorného zdiva zahřívačů a nesnižoval jejich výhřevnosti; plyn k pohonu motorů nesmí míti prachu více než 0·01—0·03 *g*, mají-li pracovati spolehlivě.

Největší část prachu zachycují tak zv. suché lapače, v nichž oddělován prach od plynu vícenásobnou změnou směru i rychlosti proudění (ze 3—5 *m* na 0·3—0·5 *m* v sek.). Lapače jsou poměrně veliká plechová tělesa, končící dole kuželem, jenž uzavřen buď šoupátkem k občasnému odpouštění zadrženého prachu nebo vodním uzávěrem s nepřetržitým odpouštěním. Lapače tyto zachytí jen těžší prach. Lehoučký podaří se odděliti od plynu jen v lapačích mokrých. Nejjednoduššími jsou sprchové, v nichž stříkána voda proti proudícímu plynu. Částice prachu, zasažené vodními kapkami, jsou zachyceny a odtékají se špinavou vodou do nádrží, ve kterých se usazují, tvoříce kal. Mokrými lapači, srážejícími i zbytek vodních par, lze snížiti obsah prachu až na 2·5 *g* v m^3. Jeho další odstranění vyžaduje mnohem účinnějšího a dokonalejšího styku vody s plynem, jehož se dosahuje v různých zařízeních. Dobře se osvědčilo na př. zařízení Zschockeho,*) skládající se z lopatkového exhaustoru, jenž plyn nassává a vytlačuje zároveň s vodou stříkanou do prostoru, v němž obíhají lopatky. Ty rozprašují vodu v jemnou mlhu, která zachytí mnohem více prachových částeček než voda stékající v kapkách. Plyn prošedší exhaustorem třeba zbaviti vlhkosti; proto prochází ještě odvodňovacími přístroji neboli jímadly vody. Takto očištěný plyn stal se vhodným k topení. Má-li se hoditi i k pohonu motorů, prochází odstředivým čističem ještě jednou.

Jelikož odstředivé stroje vyžadují k pohonu veliké síly a co je v mnohých závodech ještě závažnější, mnoho vody, jakož i místa na nádrže, v kterých se usazuje vodou zachycený prach v podobě kalu, bylo provedeno v posledních letech v Německu jemné čištění za sucha filtrováním plynů tkaninou. Plyny udržované na teplotě 50—90°, aby se na tkanině nesrážela voda, protlačují se jí tlakem 50—150 *mm* vodního sloupce. Zadrženého prachu se zbavují občasným střesením nebo

---

*) Jiné odstředivé čističe jsou na př. Theisenův a Schwarzův.

obrácením směru proudění plynů. — V Americe se konají pokusy s elektrickým čištěním kychtových plynů.

Pročištěný plyn veden k zařízením, v nichž má odevzdávati spalováním svou tepelnou kapacitu. Nikdy nesmí býti míšen se vzduchem potřebným k hoření v prostorech, které zůstávají poměrně chladnými, jako na př. v prostoru přímo pod parním kotlem, v prostoru, v němž jsou trouby železných zahřívačů a pod., nýbrž nutno postaviti před místem, kde má býti teplo odevzdáváno, spalovací komoru z ohnivzdorných cihel, hořícími plyny ostře vyhřívanou. Ta má ve zdivu dvoje prohřívací kanálky, jedny pro kychtový plyn, druhé pro spalovací vzduch. Je-li komora dostatek veliká, pojme tolik tepla, že plyny se jím samočinně zapálí, když počaly po náhodném přerušení zase prouditi, takže odpadá nebezpečí vzniku třaskavých plynů. (Při spouštění t. j. při uvádění v chod nutno vložiti do takové spalovací komory rošt a vznítiti na něm oheň, jenž studené kychtové plyny zapaluje — jelikož zdivo není rozžhaveno — a jich hoření udržuje.) V takových případech, kdy není jisto, že by kychtové plyny ve spalovací komoře za přístupu vzduchu samy bezpečně se zapalovaly a hořely, nutno v ní udržovati na pomocném roštu oheň stále.

V nejnovější době užívá se části plynů přímo k pohonu plynových motorů (Grossgasmaschinen), aniž by se vedly jako dříve pod kotle, tam spalovaly, vyvinovaly páru, a té se užívalo teprve k pohonu strojů. Nyní se vede dokonale pročištěný kychtový plyn přímo do motorů, v nichž prodělává týž pochod jako svítiplyn, benzin a pod. Je totiž čtyřtaktovým strojem za jednoho zdvihu jeho směs se vzduchem nassáta, za druhého stlačena a na konci zapálena, za třetího expanduje, koná práci, a za čtvrtého jsou zplodiny hoření z válce vyfouknuty. Motory ty pohánějí pak místo parních strojů dmychadla (viz diagr. č. 7.), elektrodynamické stroje, válecí zařízení atd. Toto přímé využitkování kychtových plynů jest důležitým pokrokem v hutnictví; odpadnutím kotelny pracuje se mnohem úsporněji.*)

Struska. Tvoří se jí podle bohatosti rud 60—150% váhy sur. železa. Jelikož má však měrnou váhu jen 2·5—3, zaujímá veliký objem, takže odtéká stále výpustí struskovou až na malé přestávky hned po odpichu železa. Teče buď do litinových pánví, uložených na vozících, a jest v nich odvážena lokomotivou na struskovou skládku nebo se pouští v některých hutích z peci do kanálu s odtékající chladicí vodou, v níž se rozpadá v písek, který bývá po vybagrování odvážen buď vozíky, visutou nebo lanovou drahou na vrchol kuželové skládky, má-li tato zaujímati v půdorysu málo místa.

Strusku možno zužitkovati také různým způsobem. Jelikož se kyselá při tuhnutí vytahuje ve vlákno — zásaditá se trhá — možno z ní proudem

*) Prvé jednoválcové čtyřtaktové velkomotory na kychtový plyn postavila firma John Cockerill v Seraingu v Belgii r. 1899. Motory téže soustavy provedla akc. společnost strojírny dř. Breitfeld, Daněk i spol. v Karlíně pro Králův Dvůr.

páry nebo vzduchu získati s t r u s k o v o u v l n u (Schlackenwolle), složenou z jemných pružných vláken; poněvadž vodí špatně teplo, upotřebuje se hlavně k účelům isolačním. — Ze strusky mírně vápenaté, avšak s velkým obsahem hlíny, vyrábějí se struskové d l a ž e b n í k a m e n y (Schlackenpflastersteine). Tekutou naplňují se formy náležitých tvarů i velikosti a vkládají do chladicích pecí, v kterých jejich obsah po několik dnů zcela volně chladne, aby nemohla v něm vzniknouti vnitřní pětí, jež by později kameny rozrušila.

Z dobrých zásaditých strusek možno vyráběti s t r u s k o v ý, ž e l e z o p o r t l a n d s k ý a nyní i v y s o k o p e c í c e m e n t; ze špatnějších lisují se bílé s t a v e b n í c i h l y. — S t r u s k o v ý c e m e n t (Schlackenzement) získává se rozemletím zrněné strusky na moučku a jejím dokonalým promíšením s práškovitým páleným vápnem, jehož se přidává as 30%. K některým stavebním pracím je velmi dobře způsobilý, k jiným méně. Proto se přešlo v 80tých letech min. století k výrobě c e m e n t u ž e l e z o p o r t l a n d s k é h o (Eisenportlandzement), který se obdržuje takto: Zrněná a dokonale usušená struska se rozemele v kulových mlýncích na moučku a podobně i vápenec. Moučky obou těchto látek, smíšené v náležitém poměru, se navlhčují, aby bylo lze ze směsi lisovati cihly, které se ostře vypálí, drtí a melou na jemnou moučku. Smísí-li se nyní tato ve správném poměru s moučkou struskovou (70 dílů ku 30 dílům), vzniká cement téže jakosti jako portlandský.

Jelikož během času seznáno, že se obdrží dobrý cement, i když se struskový smísí s menším obsahem cementu portlandského, zavedena v poslední době výroba cementu v y s o k o p e c í h o (Hochofenzement). Tento má míti nejméně 15% portlandského; mívá ho však zpravidla 20—30%. Slínky (meziprodukt) portlandského cementu, získané právě tak jako při výrobě cementu železoportlandského, se rozemílají se zásaditou, zrněnou struskou.*)

S t r u s k o v é c i h l y (Schlackenbausteine) lisují se ze zrněné strusky, smíšené asi s 10% páleného vápna, načež se 3—6 dnů suší; v této době dokončí se i jejich tvrdnutí. — Smísí-li se rozemletý struskový písek asi se 4% páleného vápna a čerstvé cihly vystaví po několik hodin účinku páry, napiaté na 8 *at.*, možno jich užívati hned, bez dalšího sušení.

Z domácích hutí pracuje popsaným způsobem Králův Dvůr. Struska z vysoké peci (obyčejně jedné), vytavující šedé sur. železo, odvážena na skládku, táhnoucí se až k Berounu, kdežto struska z ostatních pecí (ze 2—3), dávajících bílé sur. železo, jest zrněna a z vody bagrována. Její nejlepší, nejsvětlejší druhy zpracuje sousední králodvorská cementárna na cement, poněkud tmavší, na struskové cihly užívané i v Praze. Tmavá struska, vznikající při nesprávném chodu peci, je vyvážena také na skládku.

*) Bližší viz: Zprávy veřejné služby technické, ročník 1922, str. 402 a 529.

Jinak užívá se kusové křemičité strusky na sypání cest nebo na vrchní stavby železniční. Zrněnou možno zužitkovati na maltu při stavbách, jakož i v rozsáhlé míře k betonování. Z největší části zůstává však struska ležeti na hromadách poblíž hutí, kde je na obtíž. Strusky, obsahující kromě SiO_2, Al_2O_3, CaO a MgO jen málo jiných látek, jsou bílé nebo světle šedé. Železo zabarvuje je zeleně, hnědě až černě, mangan žlutozeleně. Strusky z pecí dřevouhelných jsou sytě zelené, šeděfialové až modré.

Surové železo a jeho lití. Hlavní výrobek, sur. železo, se shromažďuje v nístěji, z které se odpouští v mezidobích velmi různých. Kde pouštěno do forem, jež nutno k lití vždy znovu připraviti, děje se tak nejčastěji v obdobích 6hodinových, kdežto železo ke zkujňování v konvertorech bývá odpouštěno po 2—4, tedy průměrně po 3 hodinách. Má-li býti vypuštěno, prorazí se železnou tyčí výpust železa, ucpaná ohnivzdornou hmotou. Železo teče od peci (obr. IV., tab. 15.) žlábkem *a* (viz též obr. VI.) a pak buď žlábkem a_1 nebo a_2 k prohlubeninám, formám neboli lunkám *c* slévacího pole, uspořádaného před pecí. Žlábky, jakož i počátky odboček v délce *l*, mající značný spád (obr. XII.), jsou trvalé, provedené z hlíny neb i ohnivzdorně vyložené litiny.

Vytavuje-li pec šedé sur. železo, jsou formy vytvořeny v sypkém písku slévacích polí *P*, P_1, na kterých se pracuje střídavě a z nichž každé pojme veškeré vypuštěné železo. Formy jsou proto pískové, aby pozvolné chladnutí vlitého kovu podporovalo vylučování grafitu, tedy vznik šedého železa. Slévací pole nutno před každým litím znovu připraviti. Po vybrání housek, jak zove se ztuhlý obsah forem, získaných předchozím litím, po shrnutí sypkého písku na hromady a urovnání půdy, přiloží se k prvé odbočce dřevěný, as 6 *m* dlouhý model (obr. V.) na příčný rozváděcí kanálek *b* (obr. IV.), k tomu modely *m* (obr. III.) na formy *c* (obr. IV.), průřezu kol 100 × 100 *mm* (každá huť má svůj profil) a délky as 1 *m*. Následuje zaházení mezer mezi modely sypkým pískem s hromad a urovnání (levá část obrazu III. a obr. IV.). Po vynětí modelů zůstane v půdě příčný kanálek *b*, souvisící s jednotlivými formami *c*, jejichž hrany jsou více méně zaoblené, jelikož sypký písek nepodrží přesného tvaru modelu (pravá část obrazu III.). Podobně zhotoví se druhý rozváděcí kanálek *b* s příslušnými formami *c*, až je připraveno celé pole *P*, mající spád od peci. Při odpichu plní se nejdříve formy nejvýše položené; žlábek a_2 jest při *e* zahrazen. Je tedy třeba, aby železo teklo ze žlábku a_1 do prvého příčného kanálku *b*. K tomu zahradí se žlábek a_1 hradítkem *d* na dlouhé násadě, obaleným ohnivzdornou hmotou a majícím tvar, jenž odpovídá profilu žlábku (obr. VI. a VII.). Všechno železo teče prvou odbočkou. Jsou-li z ní veškeré formy naplněny, položí se hradítko d_1 a zvedne *d*. Tak se postupuje, až všechno železo z peci vyteklo. K získání dostatečného spádu klade se výpust železa 3—6·5 *m* nad půdu hutí. Když obsah forem ztuhl v housky a tyto trochu zchladly (někdy urychlováno chladnutí stříkáním vody), přerážejí se a odstraňují s pole, umístěného obyčejně na rampě, na př. na

železniční vůz v. Mezitím bylo připraveno pole P_1, na které se pustí železo v následujícím odpichu. Na obr. II. jsou naznačeny průřezy tří různých housek.

V Německu upravují slévací pole také podle obr. IX., tab. 15. Vytvořují totiž lunky c vesměs kolmo ke žlábkům a_1, a_2. K snazšímu přerážení dlouhých housek, které je zde nutné, jsou lunky od místa k místu zúženy pískovými výběžky n, jak zřejmo z obr. X., na němž jsou naznačeny lunky c ve větším měřítku. Lunky tyto připravují se také dřevěnými modely.

Vytavuje-li pec b í l é sur. železo, nepouští se do pískových forem, nýbrž do trvalých kovových, aby rychlé chladnutí podporovalo vznik bílého železa. Trvalými bývají i příčné rozváděcí kanálky. Lunky jsou nejčastěji z ocelové litiny, ploché misovité, as 250 *mm* široké, 1000 *mm* dlouhé a 60 *mm* hluboké (obr. VIII.). Sesílení v na dnech seslabí housku a usnadní její přeražení. Před litím se lunky vyčistí a natrou hlinovou vodou, aby se k nim železo nepřivařilo. Průřez housek udává obr. XI.

V poslední době zavedeny byly k úspoře ruční práce, spojené s přerážením a odnášením housek, p o j e z d n é j e ř á b y nad slévacím polem, vyzbrojené mechanickým tloukem na přerážení a elektromagnetickou deskou k zvedání a odstraňování housek.

Ještě větší úsporu pracovních sil umožňují s l é v a c í s t r o j e (Giessmaschinen), zavedené v posledních letech minulého století v Americe i v Německu, jak na bílé, tak na šedé sur. železo. Nejrozšířenější je stroj U e h l i n g ů v, jehož schematický náčrtek podává obr. I., tab. 16. Skládá se ze dvou transportérů T a T_1, uložených v železném lešení as 40 *m* dlouhém. Prvý z nich má bubny a, b vzdálené od sebe 27 *m* a opásané dvěma Gallovými řetězy r. Články řetězů, nesoucí litinové lunky l (obr. II.), jsou opatřeny kolečky k, běžícími po kolejích, upevněných na lešení. Otáčí-li se hnací buben a, postupují lunky směrem šipky a mohou býti nepřetržitě plněny ze žlábku $ž$. Jelikož okraj předcházející lunky přikrývá okraj následující (obr. II.), nemůže železo mezi ně zatékati. Pás pohybuje se rychlostí 4·5 *m* v min. Zůstává tedy železo v lunkách po dobu 6 minut, ztuhne v nich, a žhavé housky sjíždějí po šikmé ploše na transportér T_1, konstruovaný podobně jako první, jenže má místo lunek plné plechové desky. Vrchní větev r_1 jeho řetězů ponořuje se v délce 20—25 *m* do žlabu n_1, naplněného vodou, načež opět stoupá, aby housky mohly padati na šikmou plochu a s té přímo do vagonů. Dostává se tedy vytavené železo zcela automaticky ve tvaru zchladlých housek až do železničních vozů.

Chladnutí železa na prvém transportéru možno urychliti vodou, veváděnou do ústrojí patrného na obr. I. a nakresleného ve větším měřítku ještě na obr. II. Složeno jest z řetězového kola H, otáčeného řetězem r, a k němu letmo připevněných úhelníků, jejichž délka odpovídá šířce stroje a rozteč rozteči lunek. Voda, vytékající z dírkované trubky t, zasahuje prostředky housek a nikoli lunky. Na zpáteční cestě opatřovány jsou lunky transportéru T nátěrem z vápenného mléka, aby se k nim železo nepři-

vařovalo. K tomu účelu jest as pod prostředkem jeho délky nádrž *n* s míchadlem na mléko, které parní nebo vzdušní injektor *i* stříká na obrácené lunky. Jedna lunka pojme 60—70 *kg* železa. Uprostřed má příčné sesílení, aby se dala houska snadno přerazit. Výkonnost stroje tohoto je 15 housek v minutě. Dává čisté železo bez zavařeného písku.*)

Jsou provedeny i otočné slévací stroje. Zaujímají kratší plochu a jejich součásti se méně opotřebují. Příklad stroje otočného kolem svislé osy, soustavy Erskina Ramsaye, naznačen na obr. III., tab. 16. Podstatou jeho je tuhý kruh *K*, složený ze dvou kruhových plechových nosníků *k*, sesílených nahoře i dole úhlovými železy a navzájem příčně vyztužených, nesený 18 podvozky *n*, pobíhajícími po kolejnicích. Na vrchních úhlových železech upevněna jsou jednoduchá ložiska pro čepy otočných lunek *l*. Celá soustava obdržuje rotační pohyb ve směru šipky pastorkem, zabírajícím do ozubeného věnce, přišroubovaného ke kruhu *K*. Železo jest přiváděno žlábkem *ž*. Lunky nemohou býti těsně vedle sebe, jelikož by se nemohly obracet. Proto třeba zařízení, jež by nedovolovalo železu téci do mezer mezi nimi. Tím jest plechový plnicí buben *v*, do něhož žlábek *ž* vchází. Buben, otáčející se kolem vodorovné osy, vyložený šamotem a opatřený kromě axiálného vtoku ještě šesti radiálními výtoky, otáčí se touž obvodovou rychlostí jakou má kruh *K* a je tak postaven, že plné části jeho pláště kryjí mezery mezi lunkami (obr. IV.). Železo počne z něho vytékati do prázdné lunky jakmile má výtokový otvor dostatečný sklon. Naplněné lunky kruh *K* unáší, železo v nich tuhne v housky, které jsou samočinně vyklopovány do vagonu *m*, stojícího v naznačeném místě na kolejích k_1 v tunelu pod strojem. Nad vagonem obrátí totiž narážka každou lunku dnem vzhůru, na toto uhodí beran, aby se houska uvolnila a vypadla. Obrácená lunka se očistí a postříká vápenným mlékem jako na stroji Uehlingově, načež se otočí do normální polohy, znovu plní atd. Všech lunek, snadno vyměnitelných, jest 200; kruh *K* má as 35 *m* v průměru.

Brügmann postavil dva takové stroje *K*, *K'* (obr. V.) vedle sebe a plní jejich lunky střídavě z téže pánve žlábkem *ž* místo plnicím bubnem. Žlábek ten se natáčí, kolíbá kolem své podélné osy a pouští železo střídavě na jednu i druhou stranu. V případě poruchy stroje pustí se železo rovným žlábkem na slévací pole.**)

Uloží-li se lunky *l* svými čepy do kruhu *K* (obr. VI.), otočného kolem vodorovné osy *o*, vznikne Belaniho typ slévacího stroje. Lunky, zachovávajíce stále svou polohu, kryjí okraji mezeru mezi sebou, takže železo nemůže téci ze žlábku *ž* mimo. Stroj tento je dvojitý; má tři věncové stěny a dvoje lunky za sebou. Ztuhlé housky vypadávají na nejvyšším místě z obrácených lunek na šikmou plochu *p*, s které sjíždějí přímo do vozu *m*. Při 300 lunkách, po 150 v jednom kruhu, je průměr stroje as 20 *m*.***)

*) Bližší viz Stahl u. Eisen, 1897, str. 665 a 1900, str. 25.
**) Bližší viz Stahl u. Eisen, 1912, str. 1438 a Giessereizeitung, 1912, str. 468.
***) Bližší viz Stahl u. Eisen, 1901, str. 886.

Pracuje-li vysoká pec *přímo pro ocelárnu*, v níž se vytavené sur. železo přemění ve zkujněné, tedy v kujné nebo ocel, nenechává se obyčejně železo, vytékající z peci, ztuhnouti, nýbrž pouští se ze žlábku přímo do vyhřáté *pánve*, plechové, ohnivzdorně vyložené, spočívající svými čepy na čtyřkolém železničním vozíku, který ji dopraví v nových závodech ke směšovačům, ve starších přímo do ocelárny. Pánev je tak veliká jako náplň konvertoru, u nás na 15 *t*, když se železo zkujňuje jedním z pochodů konvertorových. V neděli, kdy ocelárny ani válcovny nepracují, nutno ovšem železo pouštěti do lunek, nemá-li huť směšovačů, jež by pojaly nedělní výrobu sur. železa. Též do lunek se pustí, není-li vhodné ke zkujnění (má-li na př. přes 0·1% síry).

Bylo-li z vys. peci odpuštěno všechno vytavené železo i se struskou, uzavře se odpouštěcí otvor zase ohnivzdornou zátkou a to buď ručně nebo ucpávacím strojem (Stichlochstopfmaschine), který může býti parní nebo pneumatický.*)

Který druh sur. železa pec vytaví? Jak již seznáno, má na vznik druhu sur. železa kromě uhlíku vliv také Mn a Si. Mn podporuje vznik bílého sur. železa a tvoření paprskovitého i lupenatého slohu, Si vznik šedého sur. železa. Neobsahuje-li tedy sur. železo žádného Mn, stačí jen malé množství Si, aby se stalo šedým. Čím je v železe více Mn, tím více jest vázán vliv Si a tím více je tohoto třeba k vyloučení grafitu. Proto má na vznik druhu sur. železa vliv: chemické složení rud, teplota v tavicím prostoru peci, poměr množství vháněného vzduchu k obsahu peci a chemické složení celé zavážky.

Celkem je třeba k vytavení *ferrosilicia*, t. j. sur. železa s velikým obsahem Si, v tavicím prostoru vysoké teploty, jíž se dosahuje velkým množstvím paliva a vysoko ohřátým vzduchem, snadno se redukujících rud (hnědel, krevel) a zásadité strusky, která by vázala síru. Redukci Si podporuje hlinitá struska. *Šedé sur. železo* obdrží se za podobných okolností, jen paliva třeba méně; podmínkou jsou lehce se rozkládající rudy a velmi zásaditá struska. *Bílé sur. železo* vyžaduje ještě méně paliva. Množství vzduchu zůstává totéž jako dříve, čímž se docílí rychlejšího tavení. Teplota vzduchu však se sníží, aby byla ztížena redukce Si. — *Ferromangan* s obsahem přes 60% Mn získává se z manganových rud. Třeba v peci vysoké teploty, velmi zásadité strusky atd. Není tedy spotřeba paliva k výrobě různých druhů sur. železa stejná; vytavení 100 *kg* bílého sur. železa vyžaduje 90—110 *kg*, šedého 105—120 *kg*, ferromanganu 225—300 *kg* a ferrosilicia 250—350 *kg* koksu.

d. **Velikost, výkonnost a trvání pecí, výtěžek z rud.**

Velikost vys. peci závisí především na její požadované denní výkonnosti, jež bývá u koksových pecí 150—600 *t* sur. železa ve 24 ho-

*) Bližší viz Stahl u. Eisen, 1896, str. 85 a 1901, str. 1098.

dinách. Většina koksových pecí má výšku 20—25 *m* při 5—6·5 *m* v rozporu; největší mají 32 *m* výšky a 9·5 *m* největší světlosti. Peci dřevouhelné jsou vždy menší. Jejich vnitřní krychlový obsah bývá zřídka kdy větší než 100 m^3 (největší 182 m^3 ve Vareši v Bosně). Obsah koksových pecí pohybuje se nejčastěji mezi 300—650 m^3, kterýž považován na evropské pevnině za nejvýhodnější. Předposledně postavená pec v Král. Dvoře má 582·2 m^3. Obsah většiny amerických pecí leží v uvedených mezích, některé mají však až 800 m^3. Nově stavěné anglické peci jsou obsahu 600—850 m^3; největší s 1165 m^3 byla postavena r. 1870 v Ormsby. Veliké peci mají výhodu menší spotřeby paliva, jelikož ztráty vyzařováním jsou menší.

Výkonnost vys. peci není závislá jen na její velikosti, nýbrž na mnoha činitelích, na př. na jakosti rud, na celkovém příslušenství peci a ve veliké míře na výrobku samém, neboť táž pec nevytaví stejného množství různých druhů sur. železa; nejvíce dá bílého sur. železa, nejméně ferromanganu. Vytaví-li pec obyčejného bílého železa 100%, dá tmavošedého 70%, zrcádkového 50%, siliciového (s 12—15% Si) 35% a ferromanganu (s 75—80% Mn) jen 25%. Proto není stejná ani výkonnost počítaná na 1 m^3 jejího obsahu. —

Průměrně vydrží pec za náležitého chlazení a pečlivého ošetřování 7—8 let. Stáří 10—11 let je řídké. Velmi namáhaná vydrží značně méně; pec na ferromangan a ferrosilicium pouze 2—3 léta.

Výtěžek sur. železa z celé zavážky bývá nejčastěji 30 až 45%. Jsou-li rudy železem bohaté, možno získat až přes 50%. Naopak, jsou-li chudé, avšak laciné, a je-li laciné i palivo, může se výroba vypláceti ještě při výtěžku pod 25%.

e. Celková disposice vys. peci s příslušenstvím.

(Tab. 17.)

K vys. peci *V*, stojící na rampě, příslušejí 4 Cowperovy zahřívače vzduchu *Z*. Kychtové plyny procházejí suchým lapačem prachu *Č*, pak mokrými čističi, načež část jich vstupuje do zahřívačů *Z*, kdežto ostatní, byvše zbaveny dokonale prachu, proudí do strojovny *S* k motorům, jimiž hnaná dmychadla ssají studený vzduch a protlačují zahřívači do kruhového větrovodu, z něhož vchází do forem. Zplodiny hoření, prošedší zahřívači, odcházejí ke komínu *K*.

Suroviny, jež vys. pec zpracuje, přiváženy jsou drahou. Dříve sypány byly s ramp na hromady, se kterých se nakládaly ručně na vozíky a v nich vytahovaly na vys. pec. V hutích moderně zařízených usiluje se o vyloučení veškeré ruční práce, jíž vyžaduje doprava surovin. Proto sype se materiál do nádrží (bunkrů), upravených přímo pod kolejemi rozsáhlého hutního nádraží. Nádrže ty se staví na rudy, vápenec a někdy

i na koks. Jsou plechové nebo zděné; dnes staví se z vyztuženého betonu. K rychlému a lacinému skládání surovin do nádrží mají některé huti vlastní železniční vozy s otevíratelným dnem, takže jejich obsah může do nádrže spadnouti najednou. Jinde, kde užívají obyčejných vagonů, vyprazdňují je výklopným zařízením čely. Koks se do nádrží obyčejně nesype — jak i na tabulce naznačeno — jelikož musí býti zbaven prohazovačkou prachu a drobných kousků, aby pec neucpával. Činí se však pokusy s nádržemi, jejichž dno ze železných tyčí má umožniti propadávání drobného koksu. Vápenec se drtí v mačkadlech *m*.

Z nádrží, opatřených šikmými dny a uzavíratelnými výpustmi, padá zavážka do vozíků buď pojezdných nebo zavěšených, v kterých se dopravuje k výtahům. Proto jsou nádrže proti každé peci přerušeny příčným dopravním kanálem. Na tabulce naznačeny svislé klecové výtahy, umístěné ve věži *b*, která je spojena s kychtovou plošinou mostem, na němž pojíždějí plné i prázdné vozíky *v*. — Slévací pole *a* před pecí bývá kryto střechou z vlnitého plechu.

3. Elektrická výroba surového železa.

Prvé, delší dobu v chodu udržitelné, elektrické peci k vytavování sur. železa postaveny byly ve Švédsku a v Kanadě, tedy v zemích s dostatkem vodních sil k výrobě laciného elektrického proudu, jakož i s dostatkem dobrých rud, avšak bez nerostného paliva. Ve Švédsku uvedena v činnost prvá elektrická pec na výrobu sur. železa r. 1909 v Domnarfvetě, po četných pokusech inž. G r ö n w a l l a, L i n d b l a d a a S t å h l a n a, společností Aktiebolaget Elektrometall, kterou jmenovaní založili. Když bylo dosaženo příznivých výsledků, postavilo sdružení švédských železáren, Jern-Kontor, větší pec téže soustavy v Trollhättaně a když i ta se osvědčila, zařizovaly jednotlivé závody samy další peci, takže dnes připadá značná část sur. železa, vyrobeného ve Švédsku a Norsku, na železo z elektrických pecí; tak ho bylo vytaveno r. 1908 122 *t*, r. 1910 890 *t* a r. 1912 již 17.566 *t*.

Grönwallovy peci mají topení e l e k t r o d o v é*) t. j. žár vyvozuje v nich teplo světelného oblouku, tvořícího se mezi uhlíkovými elektrodami, sahajícími do jejich tavicího prostoru. Na obr. V. a VI., tab. 14., znázorněna původní pec v Domnarfvetě.

Pec složena ze dvou částí, spodní tavicí *T*, značně rozšířené, aby bylo možno elektrody účelně umístiti, 1·5 *m* vysoké, 2·25 *m* ve světlosti, a vrchní *O*, odpovídající tvarem šachtě obyčejné vys. peci s 1·5 *m* v rozporu a výškou 5·2 *m*. Tavicí prostor vyložen je magnesitovým zdivem *M* a upěchovanou magnesitovou hmotou. Šachtu nese 6 sloupů *S*, čímž umožněna

*) Bližší o této soustavě topení, jakož i dalších viz odstavec VI., h (Elektrická výroba plávkového železa).

její nezávislost na spodku; klenutí nad tavicím prostorem není šachtou zatíženo, takže může býti opravováno nebo vyměňováno bez ohledu na svršek. Klenbou procházejí 3 elektrody *C*, čtvercového průřezu, 330 *mm* ve straně. Průchody klenbou jsou chlazeny vodou a utěsněny, aby plyny nemohly jimi unikati. Ručně řízené elektrody napájí třífásový proud 30—100 V napětí s 25 periodami.

Šachta, nahoře uzavřená, plní se obvyklým způsobem. Poněvadž elektrický proud dodává pouze teplo, aniž by púsobil chemicky, je k rozkladu rud třeba ještě uhlíku. Ten se přidává zavážce ve tvaru dřevěného uhlí nebo koksu, kterého však třeba jenom as $^1/_3$ normálního množství paliva. Jelikož koks vodí elektřinu lépe než dřevěné uhlí, snesou dřevouhelné peci větší napětí (70—100 V) než koksové (30—50 V), které mají proto i menší spotřebu KW a menší výkon.

Vysokým žárem v tavicím prostoru trpí nejvíce klenba, nejchoulostivější to část peci. Proto odssává exhaustor *E* as třetinu poměrně chladných kychtových plynů, jež zbavují se na cestě prachu v lapači *B*, a vhání je šikmými trubicemi *f* do prázdného prostoru *D* mezi zavážkou, jejíž obrys naznačen tečkováním, a klenbou, aby tato byla chlazena. Nyní se užívá místo suchých lapačů prachu, mokrých čisticích zařízení, čímž získávají se plyny ještě chladnější. Plyny z elektrických vys. pecí obsahují velmi málo dusíku, poněvadž do nich není vháněn vzduch, a taktéž málo CO_2. Jsou proto výhřevnější než obyčejné kychtové plyny; mají výhřevnost 2200 kalorií. Denní výkon popsané peci byl as 20 *t* sur. železa.

Pec v Trollhättaně, se 4 elektrodami, má průměr tavicího prostoru 3·8 *m*, největší průměr šachty 2·1 *m*, celkovou výšku 13·7 *m* a denní výkon 23 *t*. Novější peci této soustavy (Grönwallovy neboli „Elektrometall") mají až 8 elektrod, denní výkon až 40 *t* a jsou na 5000—6000 KW. Vytavují železo k thomasování s 1·75—2% *P* při průměrné spotřebě 2300 KW a 350 *kg* dřevěného uhlí na 1 *t*.

N o v ě j š í peci nemají šachet téhož tvaru jako obyčejné vys. peci, jaký na tabulce také nakreslen, nýbrž šachty v celé délce slabě kuželové, dolů se mírně rozšiřující, jelikož poznáno, že pochody v elektrických pecích se liší od pochodů v pecích obyčejných. V části *O* elektrické peci se totiž zavážka pouze ohřívá, aniž by v ní palivo shořovalo jako v obyčejné peci. Stačí tedy mírná konicita, aby bylo vyhověno roztahování se zavážky teplem a není třeba opačně se zužující zarážky, když objemu zavážky shořováním paliva neubývá.

CO_2, obsažený v kychtových plynech, jež byly exhaustorem nassáty a vtlačeny do spodku peci, rozkládá se ve vysoké teplotě spodku uhlíkem paliva na CO, takže šachtou proudí jenom CO, něco H, a CH_4. K tomuto plynu přistupuje ještě plyn, vzniklý přímou redukcí uhlíkem, tedy také CO. CO obojího původu působí na rudu redukčně jako v obyčejných vys. pecích, ale rozsah nepřímé redukce je menší, neboť počíná v nižší části

šachty, a to z těchto důvodů: do obyčejné vys. peci vhání se na 1 *t* sur. železa as 3000 m^3 vzduchu, který spaluje koks a nabyté teplo odevzdává vrchním vrstvám. V peci popsané soustavy vyvíjí se teplo světelnými oblouky, pronikajícími v tavicím prostoru zavážkou od jedné elektrody ke druhé místy nejmenšího odporu, tedy za předpokladu stejné teploty rovně, s mírným prohnutím dolů, je-li tam větší teplota, jelikož odpor se stoupající teplotou klesá. Proti tomu proudí elektrickou pecí na 1 *t* železa pouze 300—400 m^3 plynů, které přenášejí do vyšších vrstev mnohem méně tepla, takže mezi prostory *T* a *O* je veliký tepelný spád, a teplota, při které nepřímá redukce může počínati, je teprve v mnohem nižší části šachty než v obyčejné peci, kde redukce počíná skoro hned u kychty. Proto má nepřímá redukce v elektrické peci jenom asi 10% podíl (v obyčejné peci 60—70%) na celkové redukci. Kdežto tedy v obyčejné peci ruda se dostává do podstavy většinou již redukovaná, redukuje se v elektrické peci skoro výhradně až v tavicím prostoru a to přímo uhlíkem paliva.

Kromě šachtových elektrických pecí užity byly k výrobě sur. železa i nízké peci, stavěné původně na výrobu karbidu vápenatého a ferrosilicia. Obr. I., tab. 18., naznačuje takovou pec soustavy Helfensteinovy, postavenou r. 1913 v Domnarfvetě. Má obdélný tavicí prostor, místo šachet pouze nízké násypky, takže nepřímá redukce v ní vůbec odpadá. Tři elektrody *C*, napájené třífásovým proudem, zavěšeny jsou v osách tavicích prostorů. Elektrické výboje směřují svisle dolů, neboť dno provedeno jako jedna elektroda. K přednostem této soustavy se počítají menší zařizovací výlohy, větší výhřevnost plynů, možnost přidávání většího množství práškovitých rud (až 70%), snadnější uvedení peci v chod a snazší řízení elektrod. Naproti tomu však spotřebou proudu, paliva i opalem elektrod zůstávají za pecemi prvé soustavy. Také očekávání, že je bude možno stavěti na velké výkony, se nesplnilo. Znázorněná pec je 11 *m* dlouhá, 4 *m* široká a až k plnicí plošině 5 *m* vysoká. Byla počítána na spotřebu 12.000 HP — šachtové jsou nejvýše na 2000 HP — avšak mohla býti zatížena pouze na 6000—8000 HP, bylo-li zaváženo dřevěné uhlí a 5000—5500 HP, byl-li zavážen koks. Dosud podržují tudíž peci Grönwallovy přednost. — Prvá r. 1906 v Kanadě postavená pec byla soustavy Héroultovy.*)

Železo z elektrických pecí nemá podstatně jiného složení než švédské, vytavené dřevěným uhlím; v určitých případech lze však získati chudé uhlíkem (na př. jen s 1·7% C, ba i s obsahem ještě menším) a fosforem, poněvadž spotřebuje se méně paliva než v obyčejných pecích. Železo vytavené v Trollhättaně mělo na př. toto složení: 3·4% C, 0·73% Si, 0·48 Mn, 0·13 S, 0·02 P. — Z čísel vyjadřujících spotřebu proudu plyne, že elektrické vys. peci jsou možny skutečně jediné tam, kde jsou k disposici veliké a laciné vodní síly. Za předválečných poměrů nebylo o jejich hospodárnosti ani při

*) Bližší o elektrických pecích na výrobu sur. železa viz: Stahl u. Eisen. 1906, str. 868; 1907, str. 41 a 1257; 1909, str. 1801; 1911, str. 1010; 1913, str. 310 a 1270.

takových poměrech definitivně rozhodnuto, ač zařízení huti jest jednodušší, neboť odpadají zahřívače vzduchu, dmychadla a jejich poháněcí stroje s celým příslušenstvím. Za to elektrické peci na výrobu ferrosilicia a ostatních slitin železa se znamenitě osvědčily.

4. Rozdělení a vlastnosti surového železa.

Produktem vys. pecí jest surové železo, různých vlastností, závislých na rudách, palivu, chodu peci, účelnosti jejího zařízení atd. Podle paliva, jímž bylo vytaveno, rozlišuje se koksové surové železo (Koks-Roheisen) od sur. železa dřevouhelného (Holzkohlen-Roheisen). Podle tvaru uhlíku v sur. železe rozděleno bylo toto hned v předu na šedé, bílé a speciální.

a. Šedé surové železo.

Jeho C jest vyloučen buď zcela nebo částečně ve tvaru grafitu. Obsahuje kromě C ještě alespoň Si. Velmi grafitické má měrnou váhu 7·0, chudší grafitem 7·2. Bod tavení, závislý nejen na obsahu C a jeho tvaru, nýbrž i množství ostatních součástí, se dosti liší. Kdyby se železo skládalo jenom ze Fe a C, počalo by se rozpouštěti na eutektické teplotě 1152^0 (viz tab. 3.). Za průměrnou teplotu tavení se udává 1200^0. V roztaveném stavu je řídké, dobře teče, v pevném poměrně měkké, tím měkčí, čím obsahuje více uhlíku grafitického a tedy také čím více má Si; jest bez zvláštních obtíží opracovatelné.

Pevnost sur. železa má význam jedině při posuzování litinového zboží, které se z něho hotoví. Její velikost závisí na chemickém složení a na struktuře. Celkem je šedé sur. železo pevnější a méně křehké než bílé. Jelikož vyloučený grafit ruší souvislost částeček železa, bude velmi grafitické železo méně pevné než grafitem chudší, tvrdší. Slévací železo, které má býti pevné a zároveň houževnaté, nemívá grafitu více než 2—3% při 2·5—3·5% veškerého uhlíku, grafitického i chemicky vázaného. Pak se vyžaduje, aby mělo 1—3% Si. Mírného obsahu této součásti je třeba, aby se vylučoval grafit. Její nadbytek působí na pevnost a houževnatost tím škodlivěji, čím je železo bohatší uhlíkem. Naopak třeba tím více Si, čím chudší je železo a čím tenkostěnnější má býti odlitek.

Mn zvyšuje do obsahu 1·5% poněkud pevnost, avšak na újmu houževnatosti; větší množství Mn snižuje obě vlastnosti. — P v obsahu poněkud větším snižuje pevnost a ještě více houževnatost. Vliv jeho vzrůstá s přibýváním uhlíku chemicky vázaného. Proto snese železo bohaté grafitem více P (1·5% i více), zvláště, není-li v něm zároveň mnoho Mn, jenž vliv fosforu zvětšuje. Stavební litina, která má býti zvláště houževnatá a bezpečná, nemá míti více P než 1%. Při stejném složení bude železo tím pevnější a tím bezpečněji snášeti otřesy, čím bude chudší fosforem.

K lití takových odlitků hodí se dobře slévací železo, neobsahující fosforu více než 0·1%, zvané haematitové.

Všechny ostatní součásti sur. železa, S, As, Cu, Sb, Ti a j., mohou sice, jsou-li v malých množstvích, zvýšiti jeho pevnost při klidném zatížení, ale zvětšují zároveň vždy jeho křehkost. Proto zasluhuje, jde-li o zvláštní bezpečnost, přednost železo, jež má při náležitém obsahu hlavních součástí, C, Si, Mn a P, cizích součástí co nejméně, a takovým je sur. železo dřevouhelné, vytavené za nižší teploty, která vstup cizích součástí do něho ztěžuje.

Struktura sur. železa závisí zase na jeho chemickém složení a pak na poměrech při tuhnutí. Volné chladnutí podporuje její hrubozrnnost, rychlé její jemnozrnnost. Chladnutí nesmí býti tak urychleno, aby ztížené vylučování grafitu ohrožovalo výhodné vlastnosti železa. Silnostěnné odlitky ze železa s vysokým obsahem C a Si, majícího velký sklon k vylučování grafitu, budou méně pevné, poněvadž chladnutí postupuje pomalu. Naopak železo s nízkým obsahem Si a malou snahou po vylučování grafitu, stane se rychlým ochlazením snadno křehkým a málo pevným; dobrých vlastností by nabylo uměle prodlouženým chladnutím nebo pozdějším vyžíháním.

Chceme-li nabýti zkouškou zkušební tyče vědomosti o materiálu určitého předmětu, mějž tyč, ulitá z téhož železa, pokud možno stejný průřez, aby poměry chladnutí byly alespoň přibližně stejné. O velikém vlivu rychlosti chladnutí na pevnost, na př. v ohybu, svědčí tento příklad: Z litiny, obsahující 3·31% C, 1·93% Si, 0·60% Mn, 0·76% P a 0·07% S, ulity kulaté tyče 51, 30, 20, 10 a 5 *mm* v průměru a zkoušeny ohybem; měly pevnost 23·1, 35·2, 40·1, 47·5 a 61·2 *kg* na 1 mm^2. B a c h našel pevnost v o h y b u normálních tyčí 30 *mm* v průměru, 650 *mm* dlouhých, podepřených ve vzdálení 600 *mm*, ulitých z dobré litiny na válce, 36·8 až 48·6 *kg* na 1 mm^2 a průhyb 9·1—12·6 *mm*. Pevnost litiny v t a h u jest v mezích od 7 do 25 *kg* na 1 mm^2; pro strojní součásti se vyžaduje pevnost alespoň 12 *kg*. Opracovaná litina má pevnost as o 10% větší než neopracovaná, poněvadž odstraněna křehká povrchová vrstva. Průměrná pevnost v t l a k u jest 70 *kg* na 1 mm^2 a celkem leží v mezích od 25 do 120 *kg*. Tvrdost strojní litiny s pevností 12 *kg* na 1 mm^2, určená podle Brinella při tlaku 3000 *kg*, je mezi čísly 146—167.

Šedé sur. železo zpracuje se tedy sléváním na litinové zboží a pak zkujňováním na ocel a kujné železo. Křemíku mívá od 5 do 0·5%. L e d e b u r rozdělil je podle obsahu této součásti na:

Š e d é, k ř e m í k e m b o h a t é s u r. ž e l e z o (Siliciumreiches graues Roheisen). Mívá od 5—3·5% Si a 2·5—3·5% C, vyloučeného většinou ve tvaru grafitu. Mn skoro chybí. Jeho lom jest jemnozrnný, světle šedý, s nádechem do žluta; může býti snadno zaměněno se světle šedým. Roztavené má barvu ostře bílou, tuhne klidně. Celkem je podobno chudším

druhům ferrosilicia. Přidává se k sur. železům s nízkým obsahem křemíku; je-li bez fosforu, zpracuje se bessemerováním na plávkový materiál.

Tmavošedé sur. železo (Tiefgraues Roheisen) s 3·5—2% Si a 4—4·5% C. Má ze všech druhů železa nejvíce uhlíku ve tvaru grafitu (3·2—3·6%), jenž zabírá celou lomovou plochu, dodávaje jí tmavošedého vzhledu. Týž vzhled může býti dosažen také i mnohem menším obsahem Si (na př. 1·5%), je-li železo chudé manganem a bohaté uhlíkem. Velmi hrubozrnné, koksem vytavené, prodává se jako sur. železo č. I. (fosforem bohaté jako č. III.). Roztavené je také bílé, vyletují z něho grafitové lístky a tvoří se na něm šum; proto teče líněji. Přidává se také k surovým železům, má-li býti zvýšen jejich obsah uhlíku.

Obyčejné šedé sur. železo (Gewöhnliches graues Roheisen) s 2—1·5% Si; uhlíku zřídka nad 3·5%, z toho grafitického kolem 3%. Jemnozrnnější a poněkud světlejší než předešlé. Také šumu vylučuje se z něho méně, pročež je řidší, tekutější. Vytavené koksem a určené k účelům slévárenským označuje se podle zrnitosti jako železo č. I. nebo III. Přímo ze samého možno líti tenčí předměty. Je-li jeho obsah P nízký, zkujňuje se výhodně bessemerováním.

Světlešedé sur. železo (Lichtgraues Roheisen) s 1·5—1% Si a 3—3·5% C, z kterého kolem 2% grafitického. Ještě jemnozrnnější a světlejší než předešlé. Pod grafitem prosvítá světlá půda železa. Vytékající z peci je méně bílé, srší, t. j. vyletují z něho jiskry; unikající plyny vyhazují totiž částečky železa, které na vzduchu shoří. Sršení přibývá s ubývajícím obsahem Si. Jeho hladina, na př. v pánvi, se vlní. Železo toto se zužitkuje buď samotné nebo s bohatším na Si ke zkujňování i lití.

Polobílé sur. železo (Halbweisses Roheisen, Meliertes Roheisen) asi s 1% Si a 2·5—3% C, z něhož jenom nepatrná část je ve tvaru grafitu, jehož lístky jsou na bílé ploše roztroušeny. Tvoří přechod mezi šedým a bílým sur. železem, kterému je podle barvy lomu bližší. Vzniká obyčejně při poruchách pravidelného chodu vys. peci. Je husté, velmi srší a ztuhlé má děrovitý povrch. Obsahuje často značně S. Upotřebuje se k lití předmětů, jež mají býti změkčovány a k pudlování.

b. **Bílé surové železo.**

Má měrnou váhu 7·6. Taviti se počíná při eutektické teplotě 1145°; za průměrnou teplotu tavení se udává 1100°. Roztavené je husté, ztuhlé tvrdé a křehké. Není-li v něm nad 3% C, jest ještě obrábitelné zvláště tvrdými nástroji; obsahuje-li ho nad tuto mez, nelze je opracovati. Zpracuje se pouze na zkujněný materiál (s výjimkou lití předmětů k temperování). Kromě C obsahuje alespoň ještě Mn. Podle množství tohoto rozlišuje se na:

Obyčejné bílé sur. železo (Gewöhnliches weisses Roheisen) s lomem jemnozrnným, podobným železu přechodnímu, jenom že bez

grafitu, pouze tu a tam s náběhem ke slohu paprskovitému, barvy bílé s odstínem do šeda. Obsahuje 0·1—1% Mn a zřídka nad 3% C. Křemíku může míti až do 0·8%. Upotřebuje se ke zkujňování (thomasováním) a ve slévárnictví k lití předmětů, které mají býti změkčovány. V tomto případě má býti jeho obsah síry nízký. Za toku nebo při lití srší a přechází než ztuhne v kašovitý stav.

Paprskovité bílé sur. železo (weißstrahliges Roheisen) s 1—4% Mn a 3—4·5% C. Má lom paprskovitý, čistě bílý; paprsky stojí kolmo k ochlazovacím plochám. Roztavené je tekutější než výše uvedené; srší buď jen málo nebo vůbec ne. Má-li více Mn, objevují se na jeho povrchu plamínky, z nichž vyvíjí se řídký bílý dým. Zužitkuje se hlavně k výrobě zkujněného materiálu a výjimečně se přidává ve slévárnictví k šedému sur. železu.

c. Speciální surová železa.

Zrcádkové sur. železo neboli lupínkové (Spiegeleisen). Má 5—20% Mn a 4—5% C; nejčastěji se žádá s obsahem 12% Mn. Paprsky předcházejícího železa přešly v plošky, lupínky bílé barvy, stojící také kolmo k ochlazujícím plochám. Podle velikosti lesklých ploch se rozlišuje v malozrcádkové (Kleinspiegel) a velkozrcádkové (Grobspiegel). Roztavené jest velmi řídké, tekuté, takže zabíhá i do spár tavicího prostoru; nesrší, avšak vyskakují na něm plamínky a kouří. Za tuhnutí přechází rychle do pevného stavu, aniž by se stávalo napřed kašovitým. Je důležitou přísadou při výrobě plávkového železa.

Ferromangany (Eisenmangane, Ferromangane). Je-li v železe nad 20% Mn, přejde charakteristický sloh zrcádkového sur. železa v jemnozrnný. Na povrchu ferromanganu vyvinuly se shluky jemných jehliček. Čistě bílá barva zrcádkového železa přešla v nažloutlou a kam mohl vniknouti vzduch jemnými trhlinkami, vznikajícími smršťováním při tuhnutí, tam vzniklo zabarvení všemi duhovými barvami. Ferromangan vyrábí se s 20—85% Mn, někdy i s více; nejčastěji hledán je s 80% Mn. Užívá se k odkysličování a dodávání určitého množství uhlíku lázni při výrobě plávkového materiálu.

Ferrosilicium. Tak se nazývá sur. železo s 5—18% Si. S obsahem ještě větším nemůže býti v obyčejné vys. peci vytaveno ani nejvyšší teplotou v tavicím prostoru. Ač obsahuje všechen C ve tvaru grafitu, přece je bílé, poněvadž má jen málo uhlíku (při 16% Si toliko 0·8%). Grafit tvoří temné tečky na bílé ploše. Nejčastěji mívá 10—12% Si. V elektrické peci lze vytaviti ferrosilicium s 20—90% Si; nejčastěji se žádá s 50%. Má barvu světle šedou, s nádechem do žluta, lom jemnozrnný. Roztavené je barvy oslnivě bílé. Tuhne klidně. Odkysličuje se jím zkujněné plávkové železo a zvyšuje obsah Si chudších druhů slévacího železa.

S i l i c i u m m a n g a n y (Siliciummangane, Siliciumspiegel, Silicospiegel) jsou ferrosilicia s 10—15% Si, obsahující až 20% Mn. Nejnověji vyrábějí se v elektrických pecích až s 75% Mn a 20—25% Si nebo s 50% Mn a 30—35% Si. Upotřebují se taktéž k odkysličování. —

Pro praksi jest účelnějším rozdělení sur. železa podle jeho p ř í š t í h o u p o t ř e b e n í na př. na železo k s l é v á n í, k p u d l o v á n í, k b e s s e m e r o v á n í, k t h o m a s o v á n í a k m a r t i n o v á n í.

S l é v a c í ž e l e z o (Giesserei-Roheisen) vyznačuje vyšší obsah Si, nejčastěji kolem 2·5% a pravidelné zrno. Nejvhodnější množství manganu jest 0·7—0·9%. H a e m a t i t o v é železo (Hämatit-Roheisen, Hämatiteisen nebo též jen Hämatit) je slévací železo, které neobsahuje fosforu více než 0·1%. Pojmenování toto třeba lišiti od rudy téhož jména.

Ž e l e z o k p u d l o v á n í (Puddelroheisen) má značný obsah Mn a nižší Si. K tomuto možno přiřaditi tak zv. s u r. ž e l e z o o c e l o v é (Stahleisen), vyráběné původně také k pudlování, nyní, po klesnutí ba možno říci skoro po vymizení tohoto pochodu, k odpadkovému pochodu M a r t i n o v u. Vyznačuje se velkým obsahem Mn, jehož mívá 4—6% při 0·5—1·0% Si.

Ž e l e z o k b e s s e m e r o v á n í (Bessemerroheisen) musí míti značný obsah Si, avšak P nejvýše 0·1%. Ž e l e z o k t h o m a s o v á n í (Thomasroheisen) vyžaduje naopak značného množství P (při nejmenším 1·7%), vyššího obsahu Mn (nejčastěji kolem 1·5%), málo Si (nejčastěji 0·3—0·7%) a nejvýše 0·1% S.

S l é v a c í ž e l e z o neboli l i t i n a je tedy druh šedého sur. železa. Jsouc v roztaveném stavu řídké, vyplňuje dobře formy a přijímá jejich tvar. Čím je řidší a tekutější, tím jemnější odlitky lze z něho hotoviti. Poněvadž P tuto vlastnost zvyšuje, je potřebným v železe k lití tenkých, ozdobných předmětů. Dříve lilo se přímo z vys. pecí, nyní slevárny kupují sur. železo v houskách a doma k lití přetavují.

Jakost slévacího železa bývá posuzována často pouze podle lomu. Pak třeba ovšem bráti v úvahu i okolnosti, mající vliv na krystalisaci a na jeho vzhled. Posuzování jakosti železa podle lomu jest podkladem anglického třídění slévacího železa na 5 různě tvrdých čísel, z nichž č. I. je nejměkčí a může míti krystaly až 5 *mm* ve straně, č. V. nejtvrdší, s krystaly velmi drobnými. Čísla ta se mísí neboli d r u h u j í podle žádaných vlastností odlitku. Má-li býti měkký, snadno opracovatelný, volí se k jeho odlití měkčí čísla, má-li býti pevný a tvrdý, čísla tvrdší. Obyčejně se nelije pouze z jednoho čísla slévacího železa, nýbrž z více čísel, kterým se přidává stará litina nebo odpadky kujného železa i oceli, třísky od obrábění a pod., aby dosaženo bylo litiny vhodné pro tu nebo onu strojní součást. Tak třeba na př. pro parní válec litiny jemnozrnné, houževnaté, jiné na plné setrvačníky, jichž netřeba obráběti (užije se tvrdšího, lacinějšího materiálu), jiné na součásti tvrzené, vystavené žáru,

vlivům kyselin atd. Má-li odlitek míti menší tvrdost než kdyby byl z čísla III., přidá se tomuto číslo I. nebo II. a naopak číslo IV. nebo V., má-li býti tvrdší.

Ač z dobrého lomu možno souditi na správný chod vys. peci a na normální obsah součástí, přece posuzování jakosti slévacího železa podle zrna neodpovídá dnešnímu stavu znalostí. Nejsouc nikterak spolehlivé, může vésti k omylům a k zbytečným výlohám. Základem posudku má býti chemický rozbor. Než ani třídění podle tohoto není dosud jednotné. Osann navrhuje toto rozdělení:

Slévací	železo	č.	Ia	má	3·00—2·75%	Si a nejvýše	0·04%	S
„	„	„	I.	„	2·75—2·50%	„ „	0·04%	„
„	„	„	II.	„	2·50—2·25%	„ „	0·05%	„
„	„	„	III.	„	2·25—2·00%	„ „	0·05%	„
„	„	„	IV.	„	2·00—1·75%	„ „	0·06%	„

Zcela jiné rozdělení navrhl spolek německých sleváren a také na jiném usnesly se slevárny americké.

O změnách, kterým podléhá slévací železo opakovaným přetavováním, svědčí chemické rozbory na číselné tabulce 1. Poznatek z číslic plynoucí, získaný původně ovšem pouze praksí, vedl, jak bylo uvedeno ve stati III., k výrobě zkujněného materiálu ze sur. železa.

Číselná tabulka 1.

	Si %	Grafit %	Vázaný C %	Mn %	P %	S %
Sur. železo před přetavováním	2·97	3·61	0·28	0·71	0·68	0·024
Po 1. přetavení	2·74	3·47	0·34	0·48	0·71	0·025
„ 2. „	2·47	3·30	0·59	0·46	0·70	0·031
„ 3. „	2·18	3·04	0·71	0·41	0·72	0·034
„ 4. „	2·07	2·93	0·79	0·42	0·74	0·045
„ 5. „	1·81	2·80	0·87	0·39	0·73	0·049
„ 6. „	1·65	2·64	0·92	0·35	0·75	0·056

Z domácích hutí vytavují slévací železo: Králův Dvůr, Komárov, Vítkovice a Třinec; Kladno vyrábí toliko bílé sur. železo. Cizí železo přiváží se k nám hlavně z Německa a Lucemburska, pak z Anglie, Škotska, Švédska, Španělska a i z Ameriky. Škotské druhy, velmi grafitické, měkké, přidávají se k domácímu železu; anglické se vyznačují tím, že mají po dlouhá léta stále totéž chemické složení, poněvadž pocházejí z bohatých ložisek a jsou vytavovány stejným způsobem.

Příklady chemického složení surového železa podle způsobu upotřebení jsou uvedeny na číselné tabulce 2 (na str. 94—95).

V. Vlastnosti zkujněného železa (oceli a kujného železa).

Zkujněné železo liší se podstatně od surového, z něhož se vyrábí. Neobsahuje tolik součástí a v takovém množství jako toto. Výroba zkujněného železa je v podstatě odstraňování škodlivých součástí sur. železa. Jeho charakteristické vlastnosti jsou: pevnost, tvrdost, kujnost, svárnost, válitelnost a tažnost. Nevynikají stejně u všech druhů.

Hned vpředu rozděleno bylo toto železo podle způsobu výroby ve dva hlavní druhy, ve s v á ř k o v é a p l á v k o v é.

S v á ř k o v é ž e l e z o vyrábí se zkujňováním v otevřeném ohništi, neboli tak zv. d e j l o v á n í m (Herdfrischen), kterýmž pochodem se obdržuje dejlovaná ocel a dejlované kujné železo a pak p u d l o v á n í m (Puddelprozess), jímž se získává pudlovaná ocel a pudlované kujné železo.

P l á v k o v é ž e l e z o se vyrábí pochodem B e s s e m e r o v ý m, T h o m a s o v ý m, M a r t i n o v ý m a obdržuje se ocel nebo kujné železo Bessemerovo, Thomasovo a Martinovo. K plávkovému materiálu patří též ocel k e l í m k o v á (Gußstahl, Tiegelstahl) a ocel vyrobená v e l e k t r i c k é p e c i (Elektrostahl).

Ani do svářkového, ani do plávkového materiálu nelze zařaditi tak zv. c e m e n t o v a n o u o c e l (Zementstahl) a k u j n o u neboli z m ě k č o v a n o u, neb t e m p e r o v a n o u l i t i n u (Schmiedbarer Guss, Temperguss).

1. Sloh.

Plávkové železo a tvrdší svářkové má sloh určitě krystalicko-zrnitý. Ohýbá-li se válené, naseknuté, měkké, fosforu prosté svářkové železo pozvolna až k lomu, má tento sloh vláknitý. Příčinou je přítomnost strusky, která válením se protáhla a zamezila dokonalé spojení krystalů ve směru kolmém ke směru válení. V tomto směru je také pevnost vláknitého železa menší než v podélném směru vláken. Přerazí-li se však naseknuté vláknité železo rychle, bude jeho lom také zrnitý. Jelikož vláknité železo jest měkké, je vláknitost známkou dokonalé kujnosti a svárnosti. Vláknité železo nehodí se k výrobě drátu tažením, neboť s jeho povrchu se snadno odchlipují částice. Válením se vláknitost slohu zvětšuje. Velmi silné tyče nemívají uvnitř průřezu vláknitého slohu, i když jej mají na povrchu. Plávkový materiál vláknitý není.

Stoupající obsah C, Mn a W zvětšuje drobnozrnnost. Proto jest ocel jemnozrnnější než kujné železo. Velmi tvrdá nástrojová ocel je tak jemnozrnná, že jednotlivá zrnka nelze pouhým okem ani rozeznati; její lom má

Druh sur. železa	Veškerý C %	Si %
Slévací vítkovické č. I.	3·50—4·00	2·50—3·00
Slévací třinecké č. II.	3·30—4·00	1·50—2·50
Slévací vítkovické č. III.	3·20—3·60	1·50—2·00
Vítkovické haematitové č. I.	3·50—4·00	2·20—2·50
Vítkovické haematitové č. III.	3·00—3·50	2·00—2·50
Dřevouhelné z Vordernberka.......	3·50—4·00	0·30—0·50
K pudlování (jednotl. příklad)	3·5	0·3
Ocelové (jednotl. příklad)	3·8	0·7
K bessemerování (jednotl. příklad). .	3·9	2·5
K thomasování (jednotl. příklad) ...	3·5	0·5
Zrcádkové (jednotl. příklad)	4·5	0·6
Ferromangan (jednotl. příklad)	6·7	0·2
Ferrosilicium (jednotl. příklad)	1·8	10·0
Siliciummangan (jednotl. příklad) ..	1·1	14·6

vzhled sametu. *P* podporuje vznik hrubozrnnosti. Poněvadž zaviňuje i lámavost za studena, soudí se podle hrubozrnnosti na lámavost zkujněného železa. Kriteria toho třeba užívati opatrně. Odborník pozná dobře podle většího lesku krystalků, je-li příčinou hrubozrnnosti skutečně P. Válením a kováním, zvláště při nižších teplotách, pak zakalením, stává se sloh zkujněného železa jemnozrnnějším. Naopak možno docíliti původního slohu ohřátím a volným ochlazením. Netuhnou-li předměty ulité z oceli stejnoměrně, bude jejich sloh nestejný; delším žíháním za teplot ležících podle obsahu C nad čarami OSE, tab. 3., stane se sloh stejnoměrným a to tím hrubozrnnějším, čím déle žíhání trvá nebo čím vyšší byla žíhací teplota. Bod počínajícího a končícího tavení lze vyčísti z diagr. rovnováhy na tab. 3.

2. **Kujnost.**

Kov je kujný, snese-li při dostatečném ohřevu trvalou změnu tvaru přemístěním částic. Čím méně mechanické práce jest k ní třeba, tím kujnější je kov. Je tedy kujnost tvárností za vysoké teploty. Nepřibývá jí s touto rovnoměrně. Při teplotách mezi 300—500^0, v tak zv. modrém žáru, není železo vůbec kujné. Stalo se totiž značně pevnějším (viz diagr. č. 8.), ale zároveň nepoměrně křehčím, lámavým (obr. I. na tab. 20., křivka nárazové práce). Proto nemá býti v těchto nebezpečných teplotách vůbec zpracováno. Zpracuje-li se kováním, svářením, ohýbáním a pod., nutno dbáti bedlivě toho, aby práce přestala, zchladlo-li na tuto teplotu, neboť jinak mohou v něm vzniknouti jemné, sotva pozorovatelné trhlinky, jež jsou později příčinou lomu. Lámavost za modrého žáru vyskytá se

tabulka 2.

Mn %	P %	S %	Cu %
1·00—1·25	0·50	0·02	—
0·80—1·20	0·30—0·50	0·03—0·05	—
1·00—1·20	0·50	0·02—0·06	—
0·80—1·00	0·10—0·13	0·02—0·03	—
0·75—1·00	0·10—0·15	0·02—0·03	—
1·20—1·50	0·06—0·01	0·02—0·04	—
3·0	0·30	—	0·35
5·0	0·08	0·04	0·30
2·0	0·05	0·02	—
1·7	2·50	0·05	—
10·3	0·04	0·02	0·17
80·0	0·32	0·02	0·06
0·9	0·02	0·03	—
20·5	0·14	0·02	—

u všech druhů zkujněných želez. Od tmavočerveného žáru až k svárnému kujnosti přibývá. Čím vyšší je teplota za zpracování, tím všeobecně měkčí a houževnatější bude materiál po schladnutí. Zpracováním při nízkých teplotách, na př. za tmavočervena, zvýšena bude pevnost na úkor houževnatosti. Nejkujnější jest chemicky čisté železo. Přimíšeninami kujnosti ubývá. Ocel je tedy méně kujná než kujné železo. Je-li přimíšenin tolik, že se materiál stal sur. železem, zmizela i kujnost. Železo, obsahující S, O a Sn, dobře kujné v bílém žáru, pozbývá této vlastnosti v žáru červeném, v kterém je lámavé. Mn lámavost umenšuje; poněvadž jest obsažen skoro v každém plávkovém železe, zřídka ve svářkovém, je toto náchylnější k lámavosti za červeného žáru.

Výše ohřevu posuzuje se obyčejně podle barvy ohřívaného materiálu, ač v poslední době se zavádějí pro důležité práce víc a více optické pyrometry, pohodlné a snadno ovládatelné, kterými se stanoví teplota porovnáváním barvy ohřátého kovu s barvou žhoucího vlákna elektrické lampičky nebo s barvou plamene jiného světelného zdroje.

Podle Pouilleta odpovídají barvám tyto teploty:

železo počínající ve tmě svítit, jest ohřáto na 525⁰
,, ohřáté při denním světle do tmavočervena, má teplotu . 700⁰
,, ,, na barvu tmavo třešňově červenou, má teplotu . 800⁰
,, ,, na barvu třešňově červenou, má teplotu 900⁰
,, ,, na barvu jasně třešňově červenou, má teplotu ...1000⁰
,, ,, na barvu temně oranžovou, má teplotu 1100⁰

železo ohřáté na barvu jasně oranžovou, má teplotu ....1200°
,, ,, do bílého žáru, má teplotu ....1300°
,, ,, do svárného žáru, má teplotu ....1400° a
,, ,, do tavicího žáru, má teplotu ....1500°.

Jiní pozorovatelé, na př. White a Taylor, nebo Howe udávají teploty poněkud odlišné.

3. Svárnost.

Svárným je kov, když jeho dvě části lze spojit zevnějším tlakem v celek. Tlak, jenž může působiti klidně nebo rázem, má stykové plochy tak sblížiti, aby mohly vstoupiti v činnost molekulárné síly. Má-li býti tak dokonalý styk způsoben, nutno učiniti stykové plochy ohřátím měkkými, poddajnými. Kovy, přecházející rychle ze stavu pevného do kapalného, aniž by setrvaly ve stavu těstovitém, jenž umožňuje dokonalý styk, nejsou svárné (na př. Cu). Čím déle těstovitý stav potrvá, tím svárnější je kov. Svárnost roste s čistotou železa. Proto vyznačují se dokonalou svárností měkké druhy kujného železa. Všechny přimíšeniny železa, snižující bod tavení, zrychlují přechod ze stavu pevného do kapalného. Proto ubývá svárnosti jak se stoupajícím obsahem C, tak i jiných součástí, o jejichž vlivu byla již dříve učiněna zmínka. Ocel s 1% C lze ještě svařiti, je-li prosta dalších přimíšenin. Při veliké pozornosti podaří se svařit i některé druhy oceli s 1·2% C (již velmi tvrdé).*) Je-li v oceli C nad tuto mez, není svařitelná. Podobně jako je teplota tavení oceli nižší než kujného železa, jest nižší i její svárná teplota. Tvrdá se svaří v žáru temně oranžovém, prostředně tvrdá v jasně oranžovém a měkké kujné železo v žáru bílém až svárném.

Má-li se svár zdařiti, je třeba, aby stykové plochy byly kovově čisté. Ohříváno-li železo za přístupu vzduchu, jak tomu obvykle, pokrývá se kysličníky, jež kovovému styku brání. Mechanické očišťování bylo by bezvýsledné, jelikož se železo i za nižších teplot, nežli je svárná, potáhne hned zase novými kysličníky. Účelu však dosáhneme, posypeme-li plochy práškem, který za svárné teploty rozpustí kysličníky, utvoří s nimi tekutou, sklovitou vrstvu strusky, jež chrání železo před další oxydací a kterou lze při sváření ze stykové plochy vytlačiti rázy kladiv nebo tlakem lisu.

Svařuje-li se měkké kujné železo, stačí, když se posype křemičitým pískem nebo i hlinovou moučkou. Prášky k sváření oceli obsahují zásady, snižující teplotu tavení strusky. Často přidává se jim i látek, majících C, aby chránil uhlík oceli před spálením. K svařování tvrdé oceli osvědčila se dobře na př. směs 6 váhových dílů boraxu a 7 dílů železných pilin nebo 8 d. boraxu, 1 d. žluté krevní soli a 1 d. salmiaku nebo 41·5 d. kyseliny borové, 35·0 d. kuchyňské soli, 15·5 d. žluté krevní soli a 8·5 pálené sody.

*) Svár se může zdařiti proto, že se vlastně spojují plochy vždy uhlíkem chudší, jelikož se povrch oceli ve svárné teplotě velmi rychle oduhličuje.

Svářkové železo sváří se celkem lépe a pohodlněji než plávkové, jelikož struska v něm obsažená působí na kysličníky podobně jako svářecí prášky. Plávkové třeba pozorně ohřívati a svářeti rychle, mocnými ranami. Proto dávají kováři, zvláště menší, svářkovému železu přednost i když jest dražší. O sváru možno všeobecně říci, že i dokonalý nemá téže houževnatosti jako místa vedlejší a také není každý proveden bezvadně, i když by se tak podle vzhledu mohlo souditi; třeba proto vždy opatrnosti. Z téže příčiny zasluhuje plávkový materiál před svářkovým přednost všude tam, kde se jedná o trvanlivost. Kolejnice ze svářkového železa se časem roztřepovaly, jelikož povolovaly podélné sváry jednotlivých vláken, a jejich hlavy se rozšiřovaly; dnešní kolejnice jsou ovšem z plávkového materiálu. Každý svár lze dokázati leptáním chloridem mědnato-ammonným.

4. Válitelnost a tažnost.

Zkujněné železo možno ztenčovati za současného prodlužování válci, nebo protahováním za studena otvory menšími než jest jeho průměr, možno je vyváleti v tyče nebo plech, částečně za studena, obyčejně však za tepla.

5. Tvrdost a kalitelnost.

Tvrdostí se rozumí odpor, jaký železo klade vnikajícímu tělesu. Chemicky čisté je poměrně měkké; přimíšeninami, zejména uhlíkem, mu tvrdosti přibývá. U tvrdšího železa rozlišuje se t v r d o s t p ř i r o z e n á a u m ě l á. Přirozenou má, když po odlití nebo po zpracování v červeném žáru volně zchladlo. Tuto možno zvýšiti k a l e n í m (Härten, Abschrecken) a částečně též mechanickým zpracováním za s t u d e n a. Má-li býti zvýšena kalením, třeba železo neb ocel ohřáti podle obsahu uhlíku na teplotu, ležící nad čarami proměn *G*, *O*, *S*, *K* (obr. I. a III., tab. 3.) a ponořiti rychle do chladicí tekutiny, jíž jest nejčastěji voda. Tím se zamezí rozklad neboli překrystalisace tvrdého tuhého roztoku v poli *G*, *O*, *S*, *E* v měkčí ferrit a perlit, je-li materiál podeutektoidní, nebo v perlit a cementit, je-li nadeutektoidní. Tvrdost kujného železa zvýší se zakalením jenom nepatrně, kdežto oceli značně, jak zřejmo z obr. IV., tab. 18. Není-li v oceli dalších přimíšenin, přibývá totiž tvrdosti stejnoměrně s obsahem uhlíku až do jeho eutektoidního množství 0·9%, kdy dostoupí nejvyšší hodnoty. Není tedy mezi kujným železem a ocelí ostré hranice. Kujné železo kalením také ztvrdne, ale ne tak nápadně; jeho kalitelnost zužitkuje se prakticky teprve, obsahuje-li asi 0·3% C. Má tedy kalení význam hlavně pro ocel. Nebylo-li ochlazení náležitě rychlé, neb když ocel nebyla ohřáta až nad uvedenou křivku, avšak přece nad Ac_1 (viz str. 7), bude zakalení jenom částečné; toliko části martensitu zabráněn rozklad. Ve struktuře takto zakalené oceli objevil by se kromě martensitu i ferrit anebo cementit. Správným zakalením t. j. náležitým ohřátím a rychlým ochlazením nabude ocel nejvyšší možné tvrdosti, odpovídající jejímu chemickému složení.

Stupeň zakalení závisí na chemickém složení oceli, na výši ohřevu, na době za kterou byla tato teplota dosažena a na rychlosti ochlazení. Čím vyšší je teplota, při níž jedna součást přechází v druhou, tím větší je pohyblivost molekul a tím tíže lze překrystalisaci potlačiti. V chemicky čistém železe je překrystalisační rychlost železa γ v β a β v α tak veliká, že přeměnu nelze potlačiti ani sebe prudším zakalením, takže za žádných okolností nemůžeme obdržeti nemagnetické železo γ nebo β. Veškeré prvky, rozpustné v železe γ, snižují nejen teplotu překrystalisace, ale hlavně její rychlost. Teprve jsou-li tyto v železe obsaženy, stává se kalitelným, neboli mění zakalením své vlastnosti.

Uhlík ve slitinách Fe a C zmenšuje tedy také překrystaliční rychlost a to tím více, čím větší jest jeho obsah. Přece však sám nestačí, aby byl zachován tuhý roztok, austenit, nýbrž po zakalení ukáže se na výbrusu martensit. Jenom po velmi prudkém zakalení oceli s více než 1·2% C v ledové slané vodě podaří se zachytiti směs martensitu a austenitu. Kdybychom ohřáli eutektoidickou ocel (s 0·9% C), v níž se udržuje tuhý roztok do nejnižší teploty, pouze maličko nad tuto teplotu (Ac_1), ponechali ji v ní jenom málo vteřin a zakalili ve vodě, bude míti strukturu hardenitickou. Když uhlíkovou ocel zakalíme mírněji, na př. ponořením do teplé vody nebo do oleje, vznikne některá z přechodních struktur k perlitu, tedy troostitická, osmonditická, sorbitická nebo jejich směs, vyznačující se menší tvrdostí a větší houževnatostí. Představujeme si, že poznané překrystalisační změny austenitu v martensit, hardenit, troostit, osmondit, sorbit a perlit dějí se v kovu i při pozvolném chladnutí. Podle výše zákalné teploty a rychlosti ochlazení možno zachytiti libovolnou z těchto struktur nebo i struktury sousední a měniti tak vlastnosti oceli v rozsahu velmi širokém.

V praksi byl by tento způsob kalení velmi těžko proveditelný, poněvadž rychlost ochlazení nezávisí pouze na kalicí tekutině, nýbrž i značně na tvaru a velikosti kaleného předmětu. Proto se volí opačná cesta, totiž, předmět zakalíme tak, aby měl strukturu martensitickou nebo hardenitickou a žádanou přechodní vyvoláme p o p o u š t ě n í m (Anlassen), totiž novým avšak mírným ohřátím a ochlazením. Výší ohřevu a jeho trváním lze říditi rychlost překrystalisace tak, že proměny probíhají zcela pomalu a můžeme zachytiti tu strukturu, která je žádoucí. Tvrdost se sníží tím více, čím výše byla ocel znovu ohřáta. Obr. III. na tab. 18. udává rozsahy teplot, v kterých se jednotlivé strukturní součásti vyskytují. Má-li býti tvrdost zakalené oceli popuštěna na určitý stupeň, ponoříme ocel v okamžiku, kdy její ohřátí dostoupilo náležité výše znovu do vody, neboť by jinak popouštění postupovalo teplem obsaženým v oceli. Tvrdost, jakou ocel nyní má, zove se p o p u š t ě n o u (Anlasshärte). Je také tím bližší přirozené, čím ocel při popouštění volněji chladla. Popuštěním zvětší se zároveň houževnatost a bezpečnost ocelového nástroje, jelikož byla z něho odstraněna vnitřní napětí, způsobená nestejnoměrným ochlazením při kalení — na povrchu

chladl rychleji než uvnitř, hrany a rohy rychleji než vedlejší místa — kteráž pětí by mohla býti příčinou jeho rozpraskání, kdyby se jím pracovalo hned po zakalení.

K a l e n í. Každému kalení má předcházeti v y h ř á t í předmětu, spojené s volným vychladnutím. Vyhřátím mají býti odstraněna vnitřní pětí, způsobená pracemi přetvárnými, válením, kováním a pod. a přivozena stejnoměrnost struktury. Zvláště je potřebno, aby vyhřáty byly předměty z ocelí bohatých uhlíkem. Oceli podeutektoidické ohřívají se poněkud nad teploty Ac_3, oceli nadeutektoidické pouze těsně nad teplotu Ac_1. Doba, po kterou se ocel udržuje na těchto teplotách, má býti co nejkratší, jelikož jejím dosažením se pětí vyrovná a delší vyhřívání působí jenom škodlivě. Za to jest důležito, aby teploty přeměn byly při chladnutí překročovány co nejpomaleji, aby překrystalisace mohla probíhati v celém předmětě rovnoměrně. Uhlíkové oceli třeba při vyhřívání chrániti, nemají-li býti plameny na povrchu oduhličeny a změkčeny. Ocel podlehnuvší těmto účinkům zove se p ř e s t á l á; její povrch zakalením neztvrdne. Proto se nástroje vyhřívají v pecích p o u z d r o v ý c h neboli v l o ž k o v ý c h (Muffelöfen), v nichž se nestýkají ani s palivem ani se zplodinami hoření, a jsou-li zvláště choulostivé, uzavřené ještě v plechových krabicích, omazaných na spárách hlinou, zasypané popelem, pískem, železnými pilinami nebo i dřevěným uhlím.

Jsou-li nástroje z oceli uhlíkem bohaté, zamezuje se oduhličení jejich povrchu též tak, že se žíhají p ř e d svým dokončením, dokud jsou ještě o 2—5 *mm* větší; teprve po vyžíhání odstraní se zbývající vrstva materiálu Hotoven-li velmi složitý a důležitý nástroj, jest radno, vyžíhati jej před kalením ještě jednou. — Na přání objednatele dodávají huti nástrojové oceli již správně vyžíhané.

Po vyhřátí možno přistoupiti k vlastnímu kalení. Především nutno ocel ohřáti na zákalnou teplotu. Ta jest u ocelí podeutektoidických podle obsahu uhlíku nad křivkou *G, O, S* (obr. I. a III., tab. 3.), neboť kdybychom kalili s teploty nižší, bylo by zakalení jen částečné. Z toho následuje, že se oceli tyto nemohou nikdy zakaliti na strukturu hardenitickou, nýbrž jenom na martensitickou, jelikož hardenit vznikne toliko zakalením s teploty těsně nad *P, S*. Správné zákalné teploty nadeutektoidických ocelí leží těsně nad přímkou *S, K*, a oceli nabývají po bezvadném zakalení struktury hardenitické, ještě tvrdší než je martensitická. I zde byl by ohřev na vyšší teplotu nejen zbytečný, nýbrž i škodlivý, neboť by měl nevyhnutelně za následek přehřátí, těmto ocelím zvláště nebezpečné. O mnoho-li nutno podeutektické oceli přehřáti nad teploty přeměn, závisí na velikosti a tvaru nástrojů. Všeobecně činí rozdíl ten as 50°. Drobné a tenkostěnné předměty třeba ohřáti poněkud více, jelikož se po vynětí z peci na vzduchu rychle ochlazují. Rychlost ohřevu musí býti přiměřená. Příliš rychlé stoupání teploty má obyčejně za následek nestejnoměrné prohřátí a veliká vnitřní pětí; naproti tomu při ohřevu příliš pomalém

se povrch okysličuje a vzniklé okuje, působící isolačně, zamezují řádné kalení.

Jednoduché předměty mohou býti ohřáty na zákalnou teplotu i v obyčejné výhni, má-li kalič náležitou zručnost a dovede ohřáti celý předmět stejnoměrně, aniž by oduhličil jeho povrch. Doporučuje se ohřívati v dřevěném uhlí, aby ocel nebyla znečištěna sírou paliva minerálního. Ale obyčejně se předměty ohřívají ve zvláštních kalicích pecích (Härteöfen), jichž tvarů jest veliké množství. Topí se v nich koksem, generátorovým plynem, svítiplynem nebo se vyhřívají elektrickým proudem. Koksové i plynové peci jsou v podstatě dvojí: buď jejich pracovní prostor, do kterého se ohřívaný předmět vkládá, jest zcela uzavřen, takže na předmět nemohou působiti ani plameny, ani zplodiny hoření, nebo jím zplodiny hoření procházejí. Peci obou tvarů s koksovým topením jsou nakresleny na obrazech VII. a VIII., tab. 18.

Vprvé (obr. VII.), tvoří pracovní prostor *A* zcela uzavřená šamotová vložka, ohřívaná se všech stran, i s hořejšku, nad nímž táhnou zplodiny ke komínu. Nemůže-li komín způsobiti dostatečného tahu, nutno vháněti vzduch pod rošt peci ventilátorem. V některých konstrukcích se předhřívá vháněný vzduch ještě teplem postranního zdiva peci. Je-li pec topena generátorovým plynem nebo svítiplynem, vhání se plyn, jakož i vzduch potřebný k hoření, pod vložku *A*, kde směs shořuje a zplodiny táhnou právě tak jako v peci koksové. V peci druhého tvaru, polopouzdrové (obr. VIII.), hoří palivo pod pracovním prostorem *A*, takže jest odděleno od ohřívaného předmětu, avšak zplodiny vstupují do prostoru se stran i zadem, a vpředu nahoře odcházejí do komína.

Nespornou výhodou pecí s prostorem úplně zavřeným jest, že ohřívaný předmět nemůže se tak snadno oduhličiti ani přijmouti síry; naproti tomu vyžadují mnohem více paliva a delší doby předhřívací. Proto se užívá zejména při topení plynem, který obsahuje méně síry, a kdy lze množství vzduchu přesně říditi, častěji pecí polopouzdrových a v pecích prvého tvaru se vyhřívají jenom nejjemnější nástroje.

Jsou také pouzdrové peci s vložkou litinovou nebo z ocelové litiny, jež mají odstraniti nevýhodu větší spotřeby paliva. Užívá se jich však zřídka, jelikož vložka dlouho nevydrží. Také se kladou dva pracovní prostory nad sebe; hoření je topen zplodinami, odcházejícími z prostoru spodního. Veliké peci obojího tvaru, obyčejně zděné, mívají topení také vedle pracovního prostoru.

Na zákalnou teplotu mohou býti předměty ohřívány ještě jiným způsobem, totiž ponořením do lázně náležitě horké. Tento způsob spojuje výhody rychlého a stejnoměrného ohřevu bez nebezpečí, že by se ocel přehřála, oduhličila a okysličila; je však možný toliko pro menší předměty. Lázní může býti buď roztavené a náležitě přehřáté olovo, nebo směs roztavených, vhodně volených solí. Tak osvědčila se pro obyčejné oceli

dobře směs 2 dílů chloridu barnatého a 1 dílu chloridu draselného. Pro rychlořezné oceli, ohřívané na vyšší teploty, upotřebuje se pouhého chloridu barnatého.

K ohřevu v olověné lázni nutno předměty nejdříve upraviti, aby olovo nezůstávalo na nich lpěti. Natírají se směsí lněného oleje a sazí nebo grafitu a usuší. Přece se však někdy stane, že kapky olova uvíznou v záhybech oceli (na př. v závitech závitníků); místa ta jsou pak měkčí. Kromě toho přehřáté olovo vyvinuje jedovaté páry, které nutno odváděti a chrániti před nimi dělníka. Par vyvíjí se tím více, čím výše je olovo přehřáto; proto není možno ohřívati v něm oceli rychlořezné. Jelikož solné lázně nemají vyjmenovaných nevýhod, užívá se jich mnohem častěji.

Olovo i soli se roztavují v litinovém nebo grafitovém kelímku v peci, topené koksem nebo plynem, velmi podobné kelímkové peci k přetavování kovů. K ohřevu solné lázně možno užíti s výhodou také elektrického proudu. Solné směsi jsou vodiči druhého řádu, t. j. stávají se vodivými teprve v roztaveném stavu. Můžeme tedy vésti proud přímo roztavenou solí a jeho intensitou říditi přesně a pohodlně teplotu lázně. Poněvadž elektrické kalicí peci pracují čistě a přesně, zavádějí se hojně v poslední době. Příklad konstrukce od Všeobecné elektrářské společnosti v Berlíně (A. E. G.) naznačen obrazy I. a II., tab. 19.

Do skříně *A*, sešroubované z litinových desek, vyložené osinkovou vrstvou *a* a zdivem *B* s druhou isolační vrstvou *b*, vložen čtverhranný šamotový kelímek *C* z jediného kusu. K jeho dvěma protilehlým stranám jsou připevněny elektrody *E* z měkkého železa, tvaru desek, snadno vyměnitelné. Pec vytápěna střídavým proudem, který se transformuje olejovým regulačním transformátorem. Zapínáním většího nebo menšího počtu cívek primérního vinutí reguluje se teplota v peci. Roztápění peci se ztuhlou lázní nutno prováděti pomocnou, pohyblivou elektrodou E_1, spojenou s jednou z hlavních elektrod. K druhé hlavní elektrodě položí se na povrch soli kousek uhlíku *d* z obloukové lampy a k němu přidrží elektroda E_1. Uhlík se rozžhaví, sůl přímo pod ním roztaví a utvoří část vodivého spojení. Pohybuje-li se špičkou pomocné elektrody pozvolna po povrchu soli k první hlavní elektrodě, vznikne mezi oběma elektrodami vodivý pásek, načež se za krátko celá lázeň roztaví. Vyvinuté solné páry odcházejí dymníkem nad pecí.

Vlastní zakalení náležitě ohřáté oceli, ať se ohřev děl jakkoli, provede se podle druhu oceli a dle toho, jak ostré zakalení vyžadujeme, buď ponořením do vody nebo do oleje. Nejostřejšího zakalení se dosáhne vodou, jejíž vodivost byla zvětšena přísadou kyseliny sírové, soli a pod. Naopak méně účinně než čistá voda kalí voda vápenná; někdy se kalí i ve vodě poněkud ohřáté (asi na 30°). Ještě mírněji zakaluje olej, lůj a konečně nejmírněji vzdušní proud. Graficky znázorňuje obr. V. na tab. 18. chladicí účinek různých tekutin; nejrychleji chladí z nich studená sprcha, nejvolněji olovo. Volba vhodného kalicího prostředku vyžaduje

jistých praktických zkušeností; huti ji usnadňují tím, že sdělují k prodávaným ocelím nejvhodnější způsob kalení.

P o p o u š t ě n í. Zakalením se správné teploty nabude ocel, jak bylo již uvedeno, největší možné tvrdosti, ale také veliké křehkosti. Proto se upotřebuje předmětů pouze kalených jenom zřídka; pravidelně se kalí a pak popouštějí. Mírným ohřevem po zakalení umenšují se vnitřní pětí, snižuje tvrdost a zvyšuje houževnatost. S popouštěcí teplotou ubývá tvrdosti asi podle obrazu VI. na tab. 18. Ohřevem do 100⁰ se tvrdost značněji nezmenší, ale přece se snižuje vnitřní pětí. Proto se mají popouštěti ve vařicí vodě složité nástroje, náchylné k popraskání, i když mají míti největší, skelnou tvrdost. Při teplotě 200⁰ klesla tvrdost již značně a při 600⁰ jest již skoro taková jako oceli nekalené.

Teplotu popouštěcí možno měřiti teploměrem nebo souditi o její výši podle p o p o u š t ě c í c h b a r e v (Anlassfarben, Anlauffarben), jimiž nabíhá čistá ocelová plocha. Ohřevem vzniká totiž na ní slabá vrstva kysličníku, jejíž síla i barva se mění výškou teploty a dobou ohřevu. Jelikož pro překrystalisaci platí tytéž podmínky, že delší ohřev na nižší teplotu má přibližně stejný účinek jako kratší ohřev na vyšší teplotu, možno se při popouštění říditi s výhodou popouštěcími barvami. Vystupují převážně v tomto pořádku:

světle žlutá . . . . ;	odpovídá	teplotě	220—230⁰,
temně žlutá . . . . ;	,,	,,	240⁰,
žlutohnědá . . . . ;	,,	,,	250⁰,
hnědočervená . . . . . ;	,,	,,	265⁰,
purpurově červená . ;	,,	,,	275⁰,
fialová . . . . ;	,,	,,	285⁰,
chrpově modrá . . . . ;	,,	,,	295⁰,
světle modrá . . . . . . ;	,,	,,	310⁰ a
šedozelená . . . . ;	,,	,,	330⁰.

Na teploty 125—150⁰ popouštějí se měřicí nástroje; na 180—200⁰ nástroje řezací z uhlíkové oceli, jako nože k soustružení i hoblování, vrtáky, frézy, výstružníky a hlubiče. Na teploty 200—230⁰ vyjmenované nástroje, je-li nebezpečí, že by mohly býti zlomeny, zvláště veliké, jako u tenkých vrtáků, závitníků, násadových fréz. Na 230—275⁰ popouštějí se řezací nástroje z rychlořezné oceli. Na 250—285⁰ nástroje k opracování dřeva a na 275—300⁰ nástroje pracující rázem, jež mají býti houževnaté, jako sekáče, kladiva, vzpružiny a pod.

Při kalení má býti ohřátý předmět ponořován do chladicí tekutiny svisle, aby byl ochlazován pokud možno současně na všech plochách. V této poloze se jím pohybuje, aby výměna oteplené tekutiny byla stejnoměrná; jinak utvořila by se kolem předmětu vrstva páry a znemožňovala další chladnutí. Kdyby se tenký plochý předmět ponořil do tekutiny vodorovně, zbortil by se. Dále možno postupovati dvojím způsobem:

nejčastěji se předmět nechá v kalicí tekutině zcela vychladnouti a k popouštění znovu ohřívá. Tak se kalí celé nástroje. K zamezení rozkladu martensitu není však třeba, aby se ochlazení dělo od počátku až do konce stejně rychle. Stačí plně, je-li rychlé jen v kritické tepelné oblasti kolem Ac_1; potom může postupovati volněji. Proto lze kaliti též tak, že se předmět ponechá v kalicí tekutině pouze chvilku a po vynětí popustí hned svým vnitřním teplem. Jakmile se ukáže na ploše, očištěné smirkovým papírem, náležitá popouštěcí barva, ponoří se znovu do vody a ponechá v ní až do úplného vychladnutí. Tímto způsobem se kalí často předměty, jež mají býti tvrdé toliko v části poblíže břitu, jako na př. sekáče, soustružnické nože, vrtáky a pod.

K popouštění ohřívají se nástroje buď nad žhavým dřevěným uhlím nebo na ohřívaném plechu. Dlouhé, nepříliš silné nástroje lze popustiti dosti stejnoměrně valením po skloněné žhavé desce. Často popouštějí se nástroje v pískových lázních nebo nejbezpečněji v lázních popouštěcích olejových, olověných a solných, v celém rozsahu stejně teplých, jelikož se popouštěcí barvy poněkud různí podle doby žíhání, složení a tvrdosti oceli, takže nejsou naprosto spolehlivé.

Ohřevem na zákalnou teplotu se ocel roztáhne jako ostatní kovy. Zakalením, zvláště velmi silných předmětů, ochladí se nejdříve zevnější vrstvy, smršťují a tlačí na vrstvy vnitřní, čímž vznikají vnitřní pětí, jež budou tím větší, čím různější jsou tloušťky a čím nestejnoměrnější bylo prohřátí a ochlazení. Pětí ta mohou býti i tak veliká, že se předmět hned při kalení nebo během chladnutí roztrhne, popraská, nebo zůstane sice celý, avšak povolí, když k vnitřním napětím přistoupí namáhání prací. Tak praskl na př. již při kalení výstružník, nakreslený na obr. II'., tab. 18., následkem nestejnoměrného prohřátí.*) Zakalením zmenšuje se také měrná váha oceli, t. j. jejího objemu přibývá. Na tuto vlastnost nutno pamatovati při hotovení přesných nástrojů, na př. závitníků, čelistí, matric a patric. Rozměry předmětů se zvětšují o 0·25—1%. Rozumí se, že se v řádně zařízené kalírně upotřebí všech prostředků a pomůcek, aby se kalení podařilo beze škod. Tak by se na př. díry pro upevňovací šrouby matrice, znázorněné na obr. II., tab. 18.,*) před kalením ucpaly hlinou, neboť bez tohoto opatření by se rohy utrhaly, jak na obrazci naznačeno.**)

---

*) Ze sbírek učebných pomůcek ústavu.

**) K poučení o všem dalším, zvláště o nástrojovém materiálu, kování oceli, pomůckách a zařízeních ke kalení atd., odkazuji na díla:

Ryska Karel, Nástrojová ocel a její kalení, Česká Matice technická. sbírka „Svět a práce", svazek 4., Praha 1918; 2. vydání v téže sbírce, sv. 19., 1921,

Oberhoffer P., Das schmiedbare Eisen, Konstitution und Eigenschaften, Berlín, 1920.

Brearly H., The heat treatment of tool steel. Sheffield, 1913. Německý překlad:

Brearly H. — Schäfer R., Die Wärmebehandlung der Werkzeugstähle, Berlín, 1. vydání z r. 1913, 2. z r. 1919, 3. 1922.

Zušlechťování. Popsaným způsobem se kalí předměty z ocelí nástrojových; z ocelí konstrukčních jedině ty, které mají míti velikou tvrdost, na př. kuličky ke kuličkovým ložiskům, celé ocelové čepy a pod. Obzvláště namáhané hřídele, osy, ojnice, rozvodové páky automobilních a aeroplanových motorů a pod. z konstrukčních ocelí se zušlechťují (vergüten), t. j. zakalují obyčejně v oleji a popouštějí při teplotách 450—750⁰, značně vyšších než oceli nástrojové. Popouštěním mění se totiž nejen tvrdost, ale i pevnost, prodloužení a stažnost.

Zakalená uhlíková ocel má pevnost mnohem větší než ocel nezakalená, ale malou houževnatost, stažnost a jenom nepatrné prodloužení. Ač takový materiál jest mnohem pevnější přece se nehodí na konstrukční součásti, namáhané ohybem, kroucením nebo rázy. Popouštěním při nízkých teplotách mění se pevnostní vlastnosti jen málo, ale pronikavěji popouštěním při teplotách vysokých, v nichž vzniká struktura, složená ze směsi osmonditu a sorbitu nebo ze samého sorbitu. Zušlechtěním zvýší se mez průtahu, poněkud i pevnost a prodloužení, ale zvláště stažnost a specifická nárazová práce, jíž se měří houževnatost, jak potvrzuje příklad na číselné tabulce 3. Zkouškám podrobena byla ocel s 0·65% C, 0·93% Mn, 0·21% Si, 0·041% P a 0·048% S.

Číselná tabulka 3.

Stav oceli	Pevnost v kg na 1 mm^2	Prodloužení v % (pozorovaná délka 100 *mm*)	Stažnost v %	Specifická nárazová práce v *mkg* na 1 cm^2
Po dodání	70·3	10·2	9·0	0·8
Žíhána ½ hodiny při 770⁰	83·2	12·0	17·4	3·1
Zakalená s teploty 800⁰ v oleji a popouštěná ½ hodiny při 630⁰	85·2	12·5	35·5	16·5

Reiser F., Das Härten des Stahles in Theorie und Praxis, Lipsko, 7. vydání, 1919.

Schulz H., Volumen- und Formänderungen des Stahls beim Härten, Berlín, 1914.

Kühnel, Verhalten gehärteter und angelassener untereutektischer Stähle. Berlín, 1913.

Stier G. sen., Der Stahl und das Härten, Lipsko 1913.

Maurer, Härten und Anlassen von Stahl und Eisen, Halle, 1909.

Schiefer J. a Grün E., Lehrgang der Härtetechnik, Berlín 1921, 2. vydání.

Schön Fr., Die Schule des Werkzeugmachers und das Härten des Stahles, Lipsko 1907; 6. vydání 1917.

Zušlechťováním lze dosíci podle výše popouštěcí teploty různých vlastností v širokých mezích, takže mluvíme o zušlechťování tvrdém, byla-li ocel vyhřívána asi při 450—550°, houževnatě-tvrdém, byla-li vyhřívána při 550—600° a houževnatém po vyhřátí v teplotách nad 600°. K zušlechťovacímu pochodu se ocel ohřívá v těchže zařízeních jako k obyčejnému popouštění; jen jest nejvýše důležito, aby předmět byl udržován na popouštěcí teplotě v celém svém rozsahu. Proto vyhřívá se s výhodou v pouzdrové peci, uzavřený v krabici a v ní zasypaný. Doba žíhání, mající na výsledné vlastnosti rovněž veliký vliv, řídí se velikostí předmětu a způsobem vyhřívání; bývá $^1/_4$—4 hodiny. Zušlechťují se strojní části již zcela vykované, poněvadž po provedeném pochodu nesmějí býti ještě ohřívány; někdy jest výhodnější zušlechťovati je částečně opracované.

Zlepšení vlastností obyčejných uhlíkových ocelí, dosažitelné zušlechtěním, neodpovídá námaze a výlohám zušlechťovacího pochodu; proto se mu oceli tyto podrobují jenom zřídka. Za to lze jím dodati neobyčejně výhodných vlastností zejména ocelím chromoniklovým, které se proto zušlechťují velmi často.

6. **Pevnost.**

Rozumí se jí odpor, jaký hmota klade úplnému porušení soudržnosti molekul. Podle působení zevnějších sil rozlišují se různé pevnosti, z nichž u zkujněného materiálu je nejvýznačnější pevnost v tahu. Má-li býti železa upotřebeno ke konstruktivním účelům, nutno přihlížeti netoliko k jeho pevnosti, ale i k jeho houževnatosti. Houževnatým jest materiál, který odporuje co nejvíce trvalým změnám tvaru, avšak je schopen největších tvarových změn, byl-li odpor ten přemožen. Určována-li pevnost v tahu, soudí se o houževnatosti podle zdelšení zkoušené tyče při přetržení nebo zmenšení jejího průřezu. Nyní posuzuje se ještě vrubovou nárazovou zkouškou. Materiál má tím větší houževnatost, čím větší specifické práce třeba k jeho přeražení. Čím houževnatější jest materiál, tím nenáhleji se láme, tím méně nebezpečnými jsou nahodilé otřesy a rázy; hmoty, jež jim nevzdorují, jsou křehké.

Pevnost zkujněného železa závisí na mnoha činitelích, na jeho chemickém složení, způsobu výroby, předcházejícím zpracování atd. Proto leží hodnoty ji vyjadřující v mezích velmi širokých, na př. pevnost v tahu od 25 *kg* na 1 *mm*² špatných druhů železa, k podřízeným účelům však přece ještě upotřebitelných, až do 350 *kg* ocelového drátu strunového.

Chemicky čisté železo má největší houževnatost, ale jenom nepatrnou pevnost. Nejčistší elektrolytické železo, vyrobené způsobem Fischerovým (obsahuje pouze 0·0013% S a žádnou jinou přimíšeninu), přetavené ve vzduchoprázdnotě, má podle Yensena mez průtahu 11 *kg* na 1 *mm*², pevnost 25 *kg*, prodloužení 60% (při pozorované délce 50·8 *mm*), stažnost 85%, číslo tvrdosti podle Brinella 60—70 a měrnou váhu 7·87. Každá přimíšenina, nepřestoupí-li její množství určitou mez, houževnatost

železa zmenšuje, pevnost zvětšuje. Podle W e b s t e r a stoupne pevnost železa každou 0·1% C o 5·6 *kg* na 1 *mm*², podle J ü p t n e r a o 6·6 *kg*. Pravidlo toto platí pouze k eutektoidickému obsahu 0·9% C, kdy p e v n o s t dosahuje nejvyšší hodnoty, jak zřejmo z obrazů III. a IV., tab. 19.

Křivky *1* na obrazu III. získány zkoušením váleného švédského materiálu z pochodu Martinova s různým obsahem uhlíku a křivky *2* zkoušením téhož materiálu, avšak žíhaného, křivky na obr. IV. ze zkoušek ocelové litiny s různým množstvím C a průměrným obsahem 0·86% Mn, 0·27% Si, 0·028% P a 0·034% S. Z obrazců plyne, že pevnosti s obsahem uhlíku přibývá až po uvedenou výši, taktéž meze průtahu, kdežto prodloužení a stažnosti ubývá.

Vliv uhlíku na t v r d o s t téhož materiálu, jehož pevnostní vlastnosti jsou znázorněny obrazem IV., a pak vliv téhož prvku na h o u ž e v n a t o s t v rázu udává obr. VI., téže tab. Závislost p e v n o s t i podeutektoidických ocelí na výši zákalné teploty znázorňuje graficky obr. V., tab. 19. Plně kreslené křivky vztahují se k železu s 0·34% C (a 0·05% Si, 0·63% Mn, 0·06% P, 0·035% S) a čárkované k oceli s 0·5% C (a 0·21% Si, 0·46% Mn, 0·06% P, 0·04% S). Z obrazce plyne, že pevnost oceli s 0·5% C dosáhne nejvyšší hodnoty při nižší zákalné teplotě než pevnost materiálu s menším obsahem C, což souhlasí s dřívějšími vývody, neboť teplota Ac_3 oceli jest nižší než kujného železa (viz obr. I. a II., tab. 3.).

Na pevnost i houževnatost má značný vliv m e c h a n i c k é z p r a c o v á n í v tom směru, že způsobilo-li změnu slohu, způsobilo i změnu pevnosti. Čím jemnozrnnější sloh jím vznikne, tím více stoupne pevnost i pružnost. Dělo-li se zpracování při teplotách náležitě vysokých, houževnatost neklesá. Proto nežíhané odlitky z plávkového železa mají menší pevnost i houževnatost nežli materiál téhož chemického složení, válený při teplotě 950—1100⁰. Válením byly jednotlivé molekuly železa k sobě přitlačeny, zhuštěny. Čím více se zmenší průřez výrobku proti původnímu průřezu ingotu, tím jemnozrnnější bude sloh výrobku a tím větší i jeho pevnost. Zpracováním při nižších teplotách, as od 600⁰ až k obyčejné teplotě, stoupá pevnost na újmu houževnatosti, tedy také každým zpracováním za studena, ať kováním a válením nebo tažením, vyrovnáváním, ohýbáním, prostřihováním a pod. Zpracováním za studena vznikají v materiálu též podobná vnitřní pětí jako nestejným chladnutím s vysokých teplot a snižována je vodivost elektřiny.

Předměty, stavší se zpracováním za studena křehkými, obdrží původní houževnatost a tvárnost ž í h á n í m při teplotě 700—800⁰ a volným vychladnutím. Proto nutno drát za tažení opětně žíhati, podobně tenký plech, hotoví-li se z něho předměty tažením a lisováním. Také předměty ulité z oceli se žíhají několik hodin, veliké i několik dnů včetně vychladnutí.

Děrován-li plech k nýtování průstřižníkem, vznikají stisknutím materiálu kolem děr tvrdší kroužky, které nutno odstraniti zvětšením děr výstružníkem, aby nebyly později příčinou vzniku trhlin. Jsou-li totiž

snýtované plechy namáhány na př. tahem, mohly by mu vzdorovati tvrdší kroužky kolem děr více než poddajné partie vzdálenější a namáhání v nich mohlo by přestoupiti i mez pevnosti.

Tvar průřezu zkujněného železa nemá patrnějšího vlivu na pevnost. Jsou tedy nejčastější průřezy, čtvercový, obdélný i kruhový stejně pevné. Jinak je tomu ovšem s velikostí průřezu. Pevnost obyčejně s jeho ubýváním roste vlivem dokonalejšího propracování. Vlastnost tato vyniká zvláště u svářkového železa.

Veliký vliv na pevnost má teplota. Podle pokusů Howardových, jichž výsledky jsou znázorněny graficky na diagr. č. 8., jakož i podle výsledků pokusů Goerensových, nakreslených na obr. I., tab. 20., pevnost v tahu stoupá od obyčejné teploty s ubýváním této k bodu mrazu, kdežto na druhé straně klesá se stoupáním teploty až k 50—150°, potom se značně zvětšuje, dosahuje největší hodnoty při teplotách kolem 250—300°, načež rychle klesá; při 800° nemá již ani $^1/_4$ pevnosti při obyčejné teplotě. Byla-li tedy železná konstrukce počítána se 4násobnou bezpečností a jest plně zatížena, nevydrží, dostoupila-li při požárech teplota této výše. Má-li býti stálost tak zv. ohnivzdorných budov ze železa a zdiva, na př. skladišť na bavlnu, jakož i veřejných místností, v nichž se shromažďuje mnoho lidí, na př. divadel, skutečně zajištěna, nutno obložiti jejich nosné části ohnivzdornými látkami, které by zamezily jejich ohřátí na vysokou teplotu nebo učiniti opatření, aby taková vůbec nemohla vzniknouti tím, že se vypuknuvší požár samočinně uhasí.

Stoupá-li s chladem pevnost železa, stoupá i jeho křehkost. Tím se také vysvětluje, proč okolky železničních kol (tires) i kolejnice více praskají v zimě než v létě. Kromě zvýšené křehkosti padá zde zajisté na váhu i ta okolnost, že zmrzlá půda má také menší pružnost. Jinak může býti příčinou jejich praskání též lámavost v modrém žáru, způsobovaném ostrým brzděním, při kterém nabíhají až modře a jsou kromě toho namáhány mechanicky.

K obr. I., tab. 20. budiž ještě připojeno, že podle názorů Fettweisových není maximum pevnosti, způsobené teplotou, stálé, nýbrž závislé na rychlosti zkoušky, jejíž zvětšování posouvá maximum pevnosti do vyšších teplot. V témže obrazci znázorněn také vliv teploty na prodloužení, tvrdost a specifickou nárazovou práci. Průběh křivky, znázorňující závislost této práce, potvrzuje známý poznatek, že materiál mezi obyčejnou teplotou a 500° jest křehký, lámavý za modrého žáru; nejvíce lámavý je při 470°, nejméně při 630°.

7. Spalování zkujněného železa.

Zkujněné železo může utrpěti buď vysokým nebo dlouho trvajícím ohřevem škodlivé změny svých fysikálních i chemických vlastností. K jeho zhoršení stačí, bylo-li na př. ke kování ohřáto na vyšší teplotu nebo ponecháno nepozorností dlouho v ohni.

Ohříváno-li uhlíkem chudší plávkové železo delší dobu v teplotě přes 1000°, stane se obyčejně hrubozrnnějším, jeho pevnost klesne, křehkost stoupne, je přehřáto (überhitzt). K přehřátí stačí tím kratší doba, čím vyšší je teplota. Tvrdý materiál má větší náchylnost k přehřátí než měkké plávkové železo a toto větší než železo svářkové. Netrvalo-li přehřátí dlouho, mohou býti jeho následky odstraněny, materiál spraven, opatrným ohřátím na teplotu Ac_3 a účinným prokováním. Postup tento je důležitý zvláště pro sváření, neboť ohřátím na svárnou teplotu se materiál nutně přehřeje. Škodlivým následkům přehřátí třeba tedy čeliti prokováním netoliko švu, nýbrž i částí sousedních, dokud teplota neklesne na barvu světlečervenou.

Ohřeje-li se ocel až na teplotu, při které se počíná taviti, na př. dlouhým ponecháním v ohni, stává se spálenou (verbrannt); část jejího C se spaluje na CO, jenž z oceli uniká za živého sršení jisker. Ocel taková je tak prostoupená kysličníky, že nesnese ani zpracování kováním, ani namáhání za studena; stala se lámavou. Spálenou ocel nelze napraviti, jest zničena. Z uvedeného plyne, že při ohřívání zkujněného materiálu na vysokou teplotu, zvláště však oceli, třeba veliké opatrnosti a pozornosti, tím větší, čím tvrdší jest ocel a čím obsahuje více součástí, přidaných ke zvětšení této vlastnosti.

8. **Rozdělení zkujněného železa.** *)

a. **Oceli uhlíkové.**

Veškerý zkujněný materiál, ať jenom uhlíkový nebo s dalšími přísadami, rozdělujeme podle způsobu upotřebení na materiál konstrukční a nástrojový. Toto rozdělení nelze sice provésti vždy zcela důsledně, poněvadž některé jeho druhy se užívají jak na nástroje, tak i na strojové součásti; ale většinou vyrábějí huti zkujněný materiál jen k jednomu z uvedených účelů. Oceli konstrukční musí vynikati pevností a houževnatostí, kdežto od ocelí nástrojových žádáme hlavně tvrdost a trvanlivost řezného ostří. Bude se proto složení obojího druhu materiálu podstatně různiti. Oceli konstrukční mívají, jak bylo také již uvedeno, obsah uhlíku nižší, nejvýše asi do 0·6%, kdežto obyčejné nástrojové oceli nemívají uhlíku zpravidla méně než 0·7%.

α. *Uhlíkové konstrukční oceli.*

Jest jich několik druhů. V obchodě se vyskytující a ve strojnickém průmyslu upotřebované druhy materiálu, pocházející z pochodu Thomasova a Siemensova i Martinova jsou:**)

---

*) Stať tuto napsal prof. Dr. inž. V. Jareš.

**) Svářkové železo není v rozdělení uvedeno, poněvadž se u nás již nevyrábí.

Plávkové železo, zvláště měkké a houževnaté, obyčejně z pochodu Martinova, s obsahem 0·05—0·08% C. Mívá

mez průtahu kolem	18 *kg* na 1 *mm*^{2},
mez pevnosti	33—36 *kg* na 1 *mm*^{2},
prodloužení................	35—30% a
stažnost	75—70%.

Je dražší než obyčejný měkký materiál a upotřebuje se na strojní součásti vystavené střídavému namáhání, jako na př. šrouby ojničních hlav. Z podobného materiálu hotoví se také nýty, šrouby, kotlové plechy a pod.

Plávkové železo k poocelování, obyčejně z pochodu Martinova, s obsahem uhlíku do 0·1%. Ostatní složení voleno tak, aby C železem snadno difundoval. Jeho mechanické vlastnosti liší se jen málo od materiálu dřívějšího. Upotřebuje se na strojní součásti, jež mají býti poocelovány, dokud namáhání není tak vysoké, že by vyžadovalo oceli speciální.

Obyčejné plávkové železo Thomasovo nebo Martinovo. Mívá 0·10—0·20% C,

mez průtahu	20—22 *kg* na 1 *mm*^{2},
mez pevnosti	38—42 *kg* na 1 *mm*^{2},
prodloužení................	32—26% a
stažnost....................	70—65%.

Je to obyčejný typický materiál, z něhož se válí železo prutové a tvarové, nosníky, úhelníky atd., obyčejné plechy, hotoví válený a tažený drát, řetězy, obyčejné výkovky strojní, stavební i obchodní, když se na ně neklade zvláštních požadavků.

Plávkové tvrdé železo, řidčeji Thomasovo, častěji Martinovo, obsahující kolem 0·20—0·30% C. Má

mez průtahu	22—24 *kg* na 1 *mm*^{2},
mez pevnosti	42—47 *kg* na 1 *mm*^{2},
prodloužení................	28—24% a
stažnost	65—55%.

Upotřebuje se na důležitější výkovky, zejména na hřídele a ojnice parních strojů, méně namáhané pístní tyče, důlní kolejnice, tvrdší drát a pod.

Měkká plávková ocel, zpravidla Martinova, s obsahem uhlíku od 0·36—0·46%. Mívá

mez průtahu	25—30 *kg* na 1 *mm*^{2},
mez pevnosti	50—60 *kg* na 1 *mm*,^{2}
prodloužení................	22—18% a
stažnost....................	55—45%.

Hotoví se z ní velmi namáhané hřídele rychloběžných strojů, ojnice i součásti

rozvodu lokomotiv; pak táhne se z ní drát, hotoví láhve na stlačené plyny a pod.

T v r d á p l á v k o v á o c e l, obsahující kolem 0·50—0·60% C, výhradně z pochodu Martinova. Má ve vyhřátém stavu

mez průtahu	30—35 *kg* na 1 *mm*²,
mez pevnosti	60—70 *kg* na 1 *mm*²,
prodloužení	20—15% a
stažnost	50—40%.

Upotřebuje se na př. ve stavbě lokomotiv na nápravy a jiné velmi namáhané součásti, kdežto ve stavbě strojů jenom výjimečně. — Pro stavbu lokomotiv jsou předepsány ještě některé jiné druhy ocelí s velikou pevností, které však nemají všeobecného významu. Také z podobných ocelí se válí kolejnice železniční a tramwayové.

Do posledních dvou skupin náležejí rovněž tak zv. p é r o v é o c e l i; jsou však vyrobeny z nejčistšího materiálu a dokonale rafinovány. Obsahují více Mn a Si než oceli dříve uvedené. Poldina huť prodává je pod značkami W 5 W, W 6 H, W 6 W. Hotoví se z nich nejen vozová péra, ale i součásti automobilů, zejména nákladních, a ve stavbě strojů na př. klikové čepy, pístní tyče strojů na přehřátou páru a pod. Má-li tento materiál býti zvláště houževnatý, rafinuje se v kelímku nebo v elektrické peci. Z takového táhnou se na př. nejlepší ocelové dráty na lana, dráty strunové, jichž pevnost tažením za studena dosahuje až 350 *kg* na 1 *mm*², nejvýše zatížené čepy, ventilová vřetena, hnací šrouby, hřebenová ložiska a pod.

Materiál s pevností přes 50 *kg* na 1 *mm*² lze zlepšiti zušlechtěním. Pochodu tomuto podrobují se však s výhodou jenom druhy rafinované v kelímku nebo v elektrické peci. Ty mívají pak obsah manganu poněkud vyšší než obvykle, což zušlechtění podporuje.

β. *Uhlíkové nástrojové oceli.*

Jak byla již učiněna zmínka, získávají se jejich měkčí druhy v peci Siemensově a Martinově, zpravidla jsou však rafinovány v kelímku nebo v elektrické peci. Obsahují uhlíku obvykle 0·7—1·4%. Ocelárny je rozdělují na 4 až 6 druhů a označují buď číslováním, v němž nejnižší číslo přísluší největšímu obsahu uhlíku, nebo udáním tvrdosti. P o l d i n a h u ť na Kladně je rozděluje na př. takto:

Č. 1., o c e l z v l á š t ě t v r d á, má uhlíku asi 1·4%. Hotoví se z ní nože hoblovací a soustruhovací pro menší řezové rychlosti, rydla, břitvy a vůbec nejtvrdší nástroje.

Č. 2., o c e l v e l i c e t v r d á, s obsahem uhlíku kolem 1·25%. Je nejčastěji užívanou ocelí na nože soustruhovací i hoblovací, výstružníky, nástroje chirurgické a pod.

Č. 3., ocel tvrdá. Obsahuje 1·1% C a upotřebuje se obyčejně na frézy, závitníky, vrtáky, důlčíky.

Č. 4., ocel prostředně tvrdá, s 1·0—0·95% C, na nástroje k obrábění dřeva, matrice a patrice, nůžky a pily na kovy.

Č. 5., ocel houževnatě tvrdá asi s 0·85% C. Upotřebuje se na trny, kladiva, lisovací matrice, sekáče, nástroje na dřevo a pod. Z tohoto druhu oceli hotoví se také spirální péra.

Č. 6., ocel houževnatá s obsahem uhlíku kol 0·7%. Hotoví se z ní nástroje namáhané rázem, když není třeba největší tvrdosti, na př. kladiva, razidla a zápustky k lisování za tepla, někdy i strojní součásti, zejména k různým automatům.

Podle obsahu uhlíku lze čísla 5. a 6. svářeti dobře, čísla 4. a zvláště 3. jenom při velmi opatrném postupu.

Kromě těchto obyčejných ocelí vyrábějí a prodávají téměř veškeré ocelárny ještě lepší druhy ocelí stejných stupňů tvrdosti, které mají podobné složení a upotřebují se ke stejným účelům, ale vynikají větší čistotou a stejnoměrnějším složením, takže nástroje z nich zhotovené kalení lépe snášejí. Tak odpovídají hořejším známkám ocelí Poldiny huti tyto lepší známky: Číslu 2. známka 2 „zvláštní", číslu 3. známka FS, číslu 4. známka EZH, číslu 5. známka EZ a číslu 6. známka EZW. Tyto lepší známky hodí se na složité nástroje, jejichž prasknutím při kalení vznikla by citelnější škoda.

b. **Oceli zvláštní (speciální).**

Pod tímto názvem rozumíme material obsahující úmyslně přidané součásti, jimiž mají býti jeho vlastnosti zlepšeny, bez ohledu na obsah uhlíku. Oceli zvláštní rozdělujeme stejně jako uhlíkové na konstrukční a nástrojové. Vyrábějí se skoro výhradně v kelímku nebo v elektrické peci; jen konstrukční oceli s malým množstvím Mn, Ni a i některé oceli chromoniklové jsou někdy vytaveny v peci Martinově.

α. *Zvláštní oceli konstrukční.*

Oceli tyto vynikají velikou houževnatostí při veliké pevnosti. Proto mohou býti získány přidáním pouze takových prvků, které tvoří se železem tuhé roztoky. Jsou jimi v prvé řadě Mn, Si a Ni, pak v malých množstvích Cr, W a V. Upotřebují se toliko řidčeji ve stavu vyhřátém, poněvadž uvedené přísady zvětšují pevnost vyhřáté oceli jen málo. Hlavní význam přísad je ten, že zpomalují překrystalisaci a činí ocel zvláště způsobilou k zušlechťování. Oceli tyto se vyrábějí obyčejně ve dvou druzích a to s malým obsahem C, asi kolem 0·1%, k poocelování a s větším, 0·3—0·5%, k zušlechťování. Jenom některé druhy oceli se z tohoto pravidla vymykají.

Oceli křemíkové. Velká náklonnost těchto ocelí k oxydaci, která způsobuje potíže při kování a sváření, brání jejich všeobecnému

užívání. V praksi se ujaly dva druhy materiálu bohatého křemíkem: materiál na transformátorové a dynamové plechy s malým obsahem uhlíku (pod 0·1%) a 2—4% Si, vyznačující se velice malou magnetickou hysteresí, a materiál s vyšším obsahem uhlíku (0·3—0·5%) a kolem 1·5—2% Si, význačný stálostí proti korosi a velikou pružností v zušlechtěném stavu. Upotřebuje se proto vyhřátý na př. na ventily výbušných motorů. Zušlechtěného se užívá místo dražších niklových ocelí na namáhané strojní součásti a pak na velmi namáhané vzpružiny, na př. k pérovým bucharům nebo automobilům.

O c e l i m a n g a n o v é. K účelům konstrukčním hodí se pouze oceli s malým obsahem manganu (1—2%, často 1·3—1·4%), dokud nejsou samokalitelné. Zušlechtěné mohou míti až 80 *kg* pevnosti na 1 mm^2 i více, při čemž mez průtahu stoupne až na 65—70% meze pevnosti. K poocelování se nehodí. Jelikož mají dostatečnou houževnatost a značnou tvrdost, upotřebují se tam, kde žádána stálost proti opotřebování, jako na př. pro okolky železničních kol, ve stavbě automobilů, na trny k válení, dutá láhvová tělesa a pod. Při vyšším obsahu Mn stává se ocel již těžko zpracovatelnou. Samokalitelné manganové oceli jsou pro účely konstrukční příliš křehké, takže v úvahu mohou přijíti až oceli s více než 10% Mn.

Austenitické oceli s 0·9—1·2% C, 10—13% Mn, 0·2—0·4% Si, jejichž vlastnosti popsal r. 1888 H a d f i e l d s, vynikají velikým prodloužením i stažností a zvláště velikou specifickou prací nutnou k přeražení, při prostřední pevnosti a mírné tvrdosti; opracují se však nejvýš obtížně. Právě uvedené jest zřejmým důkazem, že tvrdost a opracovatelnost nejsou shodné pojmy. Oceli tyto se hodí na takové předměty, jejichž opotřebení má býti sníženo co nejvíce, zvláště, když není třeba jich opracovati, neboť mohou býti opracovány pouze broušením. Žíháním nebo kalením při 1000—1100° může býti jejich opracovatelnost zlepšena a houževnatost ještě zvýšena. Vyrábějí se z nich srdcovky železničních výhybek, čelisti do mačkadel štěrku, vápence i rudy, vložky do kulových mlýnců, součásti k briketovacím lisům, svorníky k bagrům, speciální nýty a pod.

O c e l i n i k l o v é. Jsou nejdůležitější a nejrozšířenější ze zvláštních ocelí konstrukčních. Struktura vyhřátých s obsahem 6—10% Ni se neliší od struktury ocelí uhlíkových. Větší obsah Ni snižuje překrystalisační rychlost tak, že vznikají struktury martensitické a obsah 20—25% Ni dává oceli austenitické; překrystalisační teplota klesla až pod teplotu normální. Se stoupajícím obsahem niklu v perlitických ocelích stoupá pozvolna mez průtahu, pevnosti, zvětšuje se tvrdost a jenom nepatrně klesá prodloužení se stažností, kdežto nárazová pevnost se zvětšuje. Martensitické oceli mají neobyčejně vysokou mez průtahu i pevnosti a velkou tvrdost, ale jich prodloužení, stažnost a houževnatost jsou nepatrné. U ocelí austenitických je mez průtahu, pevnost a tvrdost opět menší při neobyčejně velikém prodloužení, velké stažnosti i nárazové pevnosti. V praksi se upotřebuje

nejvíce ocelí perlitických; samokalitelných se z uvedených důvodů k účelům konstrukčním neužívá.

Prvé mívají nejvýše 6% niklu a uvádějí se do obchodu zpravidla ve třech jakostech s 1, 3 a 5% niklu. Jiné druhy jsou méně obvyklé. Ocelí s nízkým obsahem uhlíku 0·05—0·15% se užívá nejvíce na strojní a automobilové součástky, které mají býti na povrchu pooceloväny, jako ozubená a řetězová kola, neokrouhlé kotouče, palce, čepy, kladky, svorníky a pod., když by poocelovaná uhlíková ocel nebyla dosti houževnatá. Táž ocel s 1—2% Ni upotřebuje se na výrobu plechů, nýtů a trub ke zvláštním účelům. Z ocelí s 0·2—0·5% uhlíku se hotoví velmi namáhané klikové, turbinové i transmisní hřídele, ojnice, nápravy, čepy, oběžná kola parních turbin, dělové hlavně i materiál mostový. Mechanické vlastnosti tohoto materiálu lze zušlechtěním výhodně zlepšiti.

Tak zvané vysokoprocentní niklové oceli, obsahující přes 25% Ni, se strukturou austenitickou, nejsou za obyčejné teploty ferromagnetické, jelikož obsahují nemagnetické železo γ. Oceli s 0·3—0·5% C a 25—28% Ni vzdorují opotřebení podobně jako oceli manganové, proti nimž jsou snáze opracovatelné; proto hotoví se z nich na př. ventily k výbušným motorům. Pak vyznačují se mnohokráte větším elektrickým odporem než měď; jsou proto vhodné k výrobě elektrických odporů. V této vlastnosti předstihují je toliko potrojné slitiny železa, niklu a chromu. Vzdorují rezavění a jiným chemickým vlivům i za vyšších teplot. Proto nazývají se tyto oceli antimagnetické nebo také antikorosivní.

Slitiny s 35—36% Ni, jmenované ocelí i n v a r o v o u, vyznačují se zvláště nízkou tepelnou roztažitelností, která činí jen asi $0{\cdot}5 \div 1{\cdot}2 \,.\, 10^{-6}$ pro 1^0 C; hotoví se z nich přesné míry, chronometry, kyvadla, součásti geodetických strojů a pod. K výrobě normálních délkových měr dává se nejnověji přednost oceli s 42% Ni, jelikož je na vzduchu stálejší; má roztažitelnost menší platiny. Slitina s 0·15% C a 46% Ni, mající stejnou roztažitelnost jako sklo a platina, nahrazuje tuto pod názvem p l a t i n i t; hotoví se z ní místo z platiny přívodní drátky pro proud, zatavené do skla elektrických žárovek, a orámování čoček. Na míry k přesnému technickému měření, ke zkoušení hmatadel a pod., upotřebuje se slitiny železa a 56%Ni; je stálejší než ocel, má přibližně stejnou roztažitelnost, avšak menší sklon ke korosi.

Ačkoli čistých k o b a l t o v ý c h ocelí se v praksi neužívá a k výrobě rychlořezných ocelí upotřebuje se kobaltu toliko ojediněle, přece jsou kobaltové oceli zajímavé tím, že se svými vlastnostmi liší zcela od niklových, ač kobalt je niklu velmi podoben.

O c e l i c h r o m o v é. Mají velice jemnozrnný lom. Jejich pevnost vzrůstá s obsahem Cr, ale houževnatost poněkud klesá. Jsou velmi dobře kujné, avšak Cr tepelnou vodivost značně umenšuje. Proto veškeré ohřívání musí býti pozvolné a opatrné. Chromová ocel je na přehřátí velmi citlivá.

Cr zpomaluje překrystalisaci tak mocně, že ocel se 3—7% Cr (podle množství C) jest již samokalitelná. K účelům konstrukčním upotřebuje se pouze ocelí se zcela malým obsahem Cr, ježto jeho účinek je značný již při malé přísadě. Obvyklé druhy těchto ocelí jsou: ocel k zušlechťování, s 0·5—1% Cr, užívaná někdy ve stavbě automobilů, a ocel k poocelování s 1—2% Cr, upotřebovaná tehdy, když se žádá taková pevnost, jakou uhlíková nebo niklová ocel nemá. Nejčastější jsou však chromové konstrukční oceli s vyšším obsahem C, totiž s 0·85—1·05%, počítané již často k ocelím nástrojovým. Obsahují 0·7—2% Cr a vynikají znamenitou kalitelností a velkou tvrdostí po zakalení. Užívá se jich na výrobu kuliček a kroužků ke kuličkovým ložiskům, válců k válení kovů za studena a pod. V Americe hotoví nejvíce namáhané ventily výbušných motorů ze samokalitelných ocelí s 13% Cr, vynikajících velikou vzdorností proti vlivům korose.

Oceli chromoniklové. K účelům konstrukčním nabude ocel velmi výhodných vlastností, přidají-li se jí malá množství Ni i Cr. Prvý kov dodá jí houževnatost, druhý větší pevnost a oba společně schopnost, aby nabyla zušlechtěním veliké houževnatosti při veliké pevnosti. Oceli takové obsahují 1—4% Ni a 0·5—1·5% Cr; množství C řídí se opět podle toho, má-li býti oceli upotřebeno k poocelování nebo k zušlechťování. Oceli chromoniklové jsou nejlepším konstruktivním materiálem, neboť mohou dosáhnouti 80—100, ba i přes 100 *kg* pevnosti na 1 mm^2 při dostatečné houževnatosti a veliké vzdornosti zvláště proti rázům a otřesům. Mez průtahu ocelí houževnatě zušlechtěných dostupuje pravidelně 70—80% meze pevnosti a ocelí tvrději zušlechtěných 80—90%, u nejlepších druhů i více. Užívá se jich na nejvíce namáhané součásti ve stavbě motorů automobilových a aeroplanových, ve stavbě automobilů (osy, řídicí ústrojí a pod.) a na strojové části velmi namáhané otřesy a rázy. Materiál tento má býti upotřebován výhradně zušlechtěný, neboť jinak nevyužitkuje se jeho výhodných vlastností.

Některé huti vyrábějí i tak zv. oceli universální, které se hodí jak k zušlechťování, tak k poocelování. Mají nízký obsah C (asi 0·15%) a složení vhodné k poocelování; jelikož obsahují Cr, lze je náležitou volbou kalicích a popouštěcích teplot také zušlechťovati.

Konečně vyrábějí se také chromoniklové oceli kalitelné vzduchem. Mají poněkud větší obsah Ni i Cr, pročež se jejich překrystalisace velmi zpomaluje a stačí ochlazení proudem vzduchu nebo pouhé vychladnutí slabších předmětů na vzduchu, aby vznikla přechodní struktura, způsobující velikou tvrdost při dostatečné houževnatosti. Oceli tyto mají pevnost 160—180 *kg* na 1 mm^2 a hotoví se z nich na př. ozubená kola pro převodní skříně a kardany závodních automobilů, pak čepy a podobné nejvýše namáhané části, místo z materiálu, který by se pooceloval, poněvadž předměty kalené vzduchem se nedeformují a zůstávají bez vnitřních pětí.

Oceli wolframové. K účelům konstrukčním upotřebuje se wolframových ocelí pouze s malým obsahem W a to jen výjimečně, když

mají vynikati velikou vzdorností proti opotřebení. Z čistých, složených pouze z C a W, hotoví se na př. hlavně pušek (0·6—0·7% C a 1·0—1·3% W). Mnohem větší význam má W ve výrobě ocelí nástrojových.

O c e l i   v a n a d i o v é. K pouhým uhlíkovým konstrukčním ocelím se vanadu nikdy nepřidává, nýbrž toliko k nejvíce hodnotným ocelím chromoniklovým v množství as 0·1—0·2%. Struktura oceli se touto malou přísadou vanadu pouze zjemní, avšak jinak nezmění. Častěji se přidává v množství asi do 1% lepším nástrojovým ocelím, poněvadž tvoří s C tvrdý karbid, čímž zvyšuje tvrdost, aniž by zmenšoval houževnatost.

J i n é   k o n s t r u k č n í   o c e l i. Některé ocelárny vyrábějí k účelům konstrukčním také oceli jiných složení než dosud uvedeno. Tak na př. oceli chromosiliciové na péra nejvýše namáhaná, oceli chromowolframové na ventily výbušných motorů a oceli chromovanadiové ve stavbě válečných lodí; kombinace tyto se však všeobecně nerozšířily.

β. *Zvláštní oceli nástrojové.*

Mnohem větší význam než pro účely konstrukční mají z v l á š t n í o c e l i pro výrobu nástrojů, které mají vynikati velikou tvrdostí ve spojení s náležitou kalitelností a dostatečnou houževnatostí. Těmto požadavkům vyhovují především přísady, které tvoří s C karbidy, zejména Cr, W, Mo a V. Bylo shledáno, že trvanlivost ostří není vždy největší při největší tvrdosti oceli, nýbrž že závisí na množství karbidů, přítomných v oceli. Tak mají uhlíkové oceli největší tvrdost při 0·8—1% C, avšak ostří podržují nejdéle oceli nadeutektoidické s nadbytkem cementitu, které jsou podle Brinella poněkud měkčí. Ze jmenovaných přísad tvoří Cr za přítomnosti většího množství C velmi tvrdý, podvojný karbid a také karbidy W a Mo vynikají velikou tvrdostí. Přísady tyto přidávají se nástrojovým ocelím buď jednotlivě nebo v různých kombinacích. Každá huť vyrábí více druhů zvláštních nástrojových ocelí se složením, přizpůsobeným určitým požadavkům. V následujícím buďtež uvedeny jenom nejčastější druhy domácí.

Speciální druhy oceli, jež by odpovídaly číslum 4., 5. a 6. vpředu uvedené stupnice tvrdosti, se obyčejně nevyrábějí, jelikož není třeba zvyšovati tvrdosti těchto měkčích druhů. Za to se vyrábí zvláštní ocel s přísadou 1—3% W, odpovídající číslu 3. nebo FS a číslům tvrdším. Ve známkování Poldiny huti jsou to značky:

SST. Její tvrdost odpovídá č. 3. nebo FS a upotřebuje se ke stejným účelům. Jest nejen trvanlivější a houževnatější než pouhá uhlíková ocel, ale vyniká zvláště tím, že se při kalení nedeformuje; hodí se proto na dlouhé přesné nástroje (závitníky, frézy), které mají podržeti bezpečně své původní rozměry.

SP. Odpovídá č. 2. nebo č. 2 ,,zvláštní“ a hodí se k podobným účelům jako předešlá, zvláště pak na šroubové vrtáky, výstružníky a velmi silně namáhané frézy.

Značka O odpovídá č. 1. a hotoví se z ní zejména soustruhovací a hoblovací nože na tvrdé hmoty při menší řezové rychlosti, také nože tvarové, závitové, rydla a pod. Je to obvyklý nožový materiál tehdy, když nože z uhlíkové oceli se již příliš rychle opotřebují.

Ocel rýhovací neboli diamantová je rovněž wolframová ocel s vysokým obsahem C jako předešlá, avšak s větším obsahem W a zpravidla ještě zlepšená dalšími přísadami. Hotoví se z ní nože k soustružení nejtvrdších hmot, na př. válců z tvrdé litiny, válců z lisovaného papíru do kalandrů, nejtvrdší rydla a pod. Ocel tato hodí se jen pro malé řezové rychlosti, jelikož by se třením při větších rychlostech popustila a ztratila tvrdost.

Oceli samokalitelné (Selbsthärtende Stähle, Selbsthärter). Zvýšíme-li přísadu Cr při vysokém obsahu C, obdržíme ocel, která již při obyčejném ochlazení nabývá největší tvrdosti, tedy ocel samokalitelnou. Chceme-li takovou ocel obráběti řezacími nástroji, musíme přivoditi překrystalisaci delším žíháním těsně při bodu Ac_1, který bývá u těchto ocelí asi kolem 800°. Tím probíhá teprve poznenáhlu perlitová překrystalisace a ocel stává se měkkou, obrábitelnou. Žíhání trvá podle okolností 4—10 hodin; po něm musí následovati co nejvolnější vychladnutí. Oceli tyto kalí se proudem vzduchu nebo také v oleji a loji. Upotřebuje se jich na nože pro větší řezovou rychlost, pak na frézy, šroubové vrtáky a pod., když žádáme zvýšený výkon, nebo je značné nebezpečí, že by nástroje praskly. Při práci může ostří nože již poněkud naběhnouti, aniž by pozbylo tvrdosti.

Oceli rychlořezné (Schnelldrehstähle). Úsilí o zvýšení výkonu obráběcích strojů vedlo k tomu, že nástrojové oceli bylo přidáváno stále větší množství přísad, zvláště W, který při značném obsahu sníží překrystalisační teplotu až pod obyčejnou a umenší překrystalisační rychlost, zejména za přítomnosti Cr tak, že ostří nástroje z této oceli může býti prací ohřáto po delší dobu až na 500°, aniž by se jeho tvrdost a trvanlivost změnila. Proto lze noži z této oceli ubírati třísky velmi silné, při velikých řezových rychlostech a odporech, jimiž se ostří rozžhavuje až do tmavočervena, avšak nezměkne. Odtud pochází pojmenování těchto ocelí. Předpokladem pro práci rychlořeznými nástroji jsou náležitě silné a tuhé stroje; užívati rychlořezných ocelí na slabých obráběcích strojích nemá smyslu.

Složení rychlořezných ocelí bylo známo již od r. 1861 z prací Mushetových, ale jejich typickou vlastnost, že ostří vydrží i v počínajícím tmavočerveném žáru, poznali teprve američtí inženýři Taylor a White, když se snažili při reorganisaci dílen firmy Bethlehem Steel Company dosáhnouti systematickými pracemi zvýšených řezových rychlostí.

Původní Mushetovy oceli, byvše kaleny jako obyčejné uhlíkové z červeného žáru ve vodě, byly neobyčejně tvrdé a skoro neopracovatelné. Velikou zásluhou Taylora a Whita jest, že nalezli tepelné pochody, kterými rychlořezná ocel nabývá tak vynikajících vlastností. Až do té doby obvyklé

řezové rychlosti mohly býti zvýšeny o 35—100%, v některých případech i o 130%. Třeba však připojiti, že měřítkem výkonnosti nemůže býti pouze řezová rychlost, nýbrž že nutno bráti v úvahu také velikost posuvu do záběru, průřez třísky a ještě mnoho jiných činitelů.

Vývoj chemického složení rychlořezných ocelí naznačuje číselná tabulka 4.

Číselná tabulka 4.

Druh oceli	C %	Si %	Mn %	Cr %	W %	V %
Uhlíková ocel do r. 1894	1·05	0·21	0·20	0·20	—	—
Mushetova ocel do r. 1900	2·15	1·04	1·58	0·40	5·44	—
Prvá rychlořezná ocel z r. 1900 ..	1·85	0·15	0·30	3·80	8·00	—
Rychlořezná ocel z r. 1906.......	0·67	0·04	0·11	5·47	18·91	0·29

Poslední rozbor v této tabulce jest výsledkem prací Taylora a Whita. Později prováděné pokusy nevedly k podstatným změnám. Mo, který se také přidává, může býti považován za náhradu W a to takovou, že jeho 1% nahrazuje 2% W. Vanad nepřispívá jenom svým odkysličovacím účinkem a tím, že zbavuje ocel plynů, nýbrž zvětšuje také její houževnatost.

V číselné tabulce 5. (na str. 118) uvedeny jsou příklady chemického složení starších a novějších rychlořezných ocelí některých firem.

Vnitřní stavba rychlořezných ocelí je velmi složitá; všechny jsou nadeutektoidické, t. j. obsahují volný karbid. Jejich mikroskopický vzhled se liší zcela od vzhledu ocelí obyčejných. Překrystalisační teploty téže oceli jsou různé podle toho, jak byla před tím vysoko ohřáta. Hotoví se z nich zejména nože soustruhovací a hoblovací, ale také frézy a jiné nástroje na největší výkonnost. O upotřebení rychlořezných ocelí v praksi možno uvésti: Každá ocelárna vyrábí ocel ve více jakostech, lišících se množstvím i obsahem přísad a tedy také cenami; budiž pravidlem nevoliti ocel zbytečně drahou, jelikož čím obsahuje více přísad, tím obtížněji lze ji ovládati. Není radno ocel zbytečně kovati, zejména, nemá-li dělník dostatečných zkušeností. Doporučuje se objednati pokud možno vyhřátou ocel v takové síle, aby měla potřebný průměr (na př. kotoučů na frézy, tyčí na vrtáky) a nebylo ji třeba vůbec kovati, nýbrž jen přímo obráběti. Je-li kování přece nutné, pak musí býti ocel ohřívána co nejpozvolněji, jelikož má velmi malou tepelnou vodivost. Kouti ji možno teprve při 1000—1200°. Práce

má postupovati rychle a teplota nesmí klesnouti pod uvedenou mez. Má-li býti vykovaný předmět obráběn, třeba jej žíhati několik hodin v uzavřené krabici asi při 800⁰. Čím žíhání déle trvalo a čím pozvolněji předmět vychladl, tím bude měkčí.

Číselná tabulka 5.

Firma, příp. značka oceli	C %	Si %	Mn%	Cr%	W%	Mo %	V %	Co%
Böhler „Boreas"	1·50	0·60	0·25	2·20	9·18	—	—	—
Poldina huť	1·55	0·75	0·70	3·20	8·90	—	—	—
Krupp	0·90	0·31	0·08	2·80	10·10	—	—	—
Bleckmann „Phönix"	1·24	0·44	0·52	0·46	4·16	—	—	—
Schmidt	0·57	0·09	0·10	3·50	11·25	—	—	—
Schöller	0·64	1·07	0·15	3·38	3·70	—	—	—
Lindenberg	0·63	0·15	0·05	6·40	25·80	—	—	—
Mushet	0·80	0·09	sledy	2·66	13·63	—	—	—
Böhler „Rapid"	0·60	0·10	0·11	3·10	12·50	—	—	—
Böhler „Rapid"	0·75	0·24	sledy	7·30	25·28	—	—	—
Saville	0·49	0·10	0·03	3·46	13·64	—	—	—
Poldina huť „Maximum"	0·46	0·11	sledy	5·06	17·22	2·50	—	—
Bleckmann „Phönix"	0·65	0·18	0·03	5·40	18·25	—	—	—
Danner	0·65	0·11	0·14	6·58	23·89	—	—	—
Putilov	0·55	0·18	0·05	4·68	11·86	—	—	—
Poldina huť „Maximum"	0·50	0·05	0·03	5·10	18·09	1·60	0·15	—
Bleckmann	0·48	0·10	0·04	5·48	15·17	3·38	0·22	—
Böhler „Rapid"	0·60	0·10	0·11	4·15	18·20	2·30	0·45	—
Mushet-Osborn	0·60	0·17	0·12	4·38	13·48	—	0·86	—
Poldina huť „Maximum zvláštní"	0·88	0·28	0·07	5·09	18·10	0·6	1·16	—
Lindenberg	0·58	0·26	0·37	4·30	—	7·19	0·16	1·13

Zákalná teplota rychlořezné oceli je vysoká; podle jejího druhu 1100—1300⁰. Ohřev musí postupovati, zvláště s počátku, také velmi zvolna. Jelikož se ocel ve vysoké teplotě rychle okysličuje, jest její ohřev v solné lázni elektrické peci zvláště výhodný. Zakaluje se proudem vzduchu nebo výjimečně také olejem a lojem. Noži a silnějšími nástroji možno po zakalení hned pracovati; naproti tomu jest výhodno jemné a slabé nástroje, jakož i namáhané rázem, k zvýšení houževnatosti ještě popustiti. Popouštějí se na 300⁰, někdy i na 500⁰, tedy na vyšší teploty než nástroje z oceli obyčejné. Nástroje se brousí před kalením za sucha a po zakalení přebrousí se pouze jejich jemné ostří za mokra.

N á s t r o j o v é o c e l i k ú č e l ů m z v l á š t n í m. Dosud popisované speciální nástrojové oceli sloužily hlavně k hotovení řezacích

nástrojů a jenom výjimečně se užívaly k účelům jiným, na př. na lisovací matrice. Ale kromě nich vyrábějí ocelárny ještě množství speciálních ocelí se složením přizpůsobeným určitým účelům. Vedle ocelí chromových, jiż dříve uvedených, jsou to zejména oceli na pneumatická dláta, sekáče a jiné nástroje, pracující rychlými a silnými rázy. Bývají nejčastěji chromowolframové, ale s nižším obsahem C, aby zvýšena byla jejich houževnatost. Jiným druhem je speciální ocel na stálé magnety, tak složená, aby magnetická remanence byla co největší. Té se dosáhne určitou přísadou W nebo Cr při dosti velikém obsahu uhlíku (na př. 0·6—0·65% C a 5·0—5·6% W).

Zcela zvláštním a odlišným druhem od ocelí posud uvedených jest ocel na tažební želízka k výrobě drátu. Není sice ocelí speciální s větším množstvím přísad, ale vyznačuje se vysokým obsahem C, jehož má kolem 2%. Je tedy již blízka bílému sur. železu. Upotřebuje se výhradně ve stavu vyhřátém.

Podrobnější pojednání o ocelích třeba hledati v literatuře. Z knižní buďtež uvedena díla:

Dumas, Aciers au nickel, Paříž, 1902.

Thallner O., Konstruktionsstahl, Freiberg, 1904.

Thallner O., Werkzeugstahl, Freiberg, 2. vydání z r. 1904.

Révillon L., Les aciers spéciaux, Paříž, 1907.

Taylor-Wallichs, Ueber Dreharbeit und Werkzeugstähle, Berlín. 1908. Autorisovaný překlad díla „Taylor W., On the art of cutting metals".

Guillet L., Les aciers spéciaux, Paříž, 1909.

Giessen W., Die Spezialstähle in Theorie und Praxis, Freibeıg, 1909,

Haenig A., Der Konstruktionsstahl und seine Mikrostruktur, Berlín, 1910.

Böhler O., Wolfram und Rapidstahl, Berlín, 1914.

Vondráček R., Úvod do metallografie, Praha, 1920.

Oberhoffer P., Das schmiedbare Eisen, Konstitution und Eigenschaften, Berlín, 1920.

Mars G., Die Spezialstähle, ihre Geschichte, Eigenschaften, Behandlung und Herstellung, Stuttgart, 1912; 2. vydání 1921.

Ryska K., Nástrojová ocel a její kalení, Praha, 1918; 2. vydání 1921.

Stelit. K této stati budiž připojena ještě zmínka o stelitu (Stellite), slitině, jež sice ocelí není, po případě železa ani neobsahuje, ale z které se hotoví řezací nástroje, předstihující i nástroje z rychlořezné oceli, ke které se také řadívá. Již r. 1899 konány byly pokusy najíti slitinu, která by se vlastnostmi vyrovnala ušlechtilým kovům a měla při tom pevnost i tvrdost oceli. R. 1910 vyrobil Američan Elwood Haynes slitinu, z níž se vyvinul dnešní stelit (Stella = hvězda; hlazený stelit je lesklý). Jeho hlavní součástí jest kobalt.

Uveřejněné údaje o složení stelitu se značně různí, jak zřejmo z číselné tabulky 6. Z rozborů plyne, že stelit je slitinou, složenou zejména z Co, Cr a W, z kterýchž součástí Co převládá. Od rychlořezných ocelí se liší velikým obsahem Cr a tím, že Fe jest v ní nahrazeno kobaltem, který byl ocelím také již přidáván. Vyrábí se ve třech číslech.

Číselná tabulka 6.

Součást v procentech	Die Werkzeugmaschine				Der Betrieb	Zeitsch. d. Ver. d. Ing.		
	1916	1921			1921/22	1919	1920	1921
Kobalt	52·03	52·00	35·00	55·00	50·00	55·60	59·50	50·00
Chrom	29·36	30·00	25·00	35·00	19·50	33·60	10·77	19·50
Wolfram ...	12·71	12·00	13·00	8·00	9·70	9·15	—	9·00
Železo	5·25	5·00	12·00	—	—	sledy	3·11	—
Nikl	0·45	—	—	—	—	—	—	—
Mangan ...	0·24	0·25	0·75	0·20	—	2·04	—	—
Křemík	0·09	sledy	0·80	0·15	0·17	0·77	—	—
Molybden ..	sledy	sledy	8·00	—	18·00	—	22·50	18·00
Vanad	—	—	—	—	—	—	—	—
Uhlík	—	0·50	1·75	1·50	1·50	1·48	0·87	1·50
Síra	—	sledy	sledy	sledy	—	0·01	0·084	—
Fosfor	—	sledy	sledy	sledy	—	sledy	0·040	—

Nástroje k obrábění kovů hotoví se nyní jenom z čísla 2. a 3. Číslo 2., jsouc poněkud houževnatější, hodí se na nástroje k obrábění oceli a kovů jí podobných, když tlak na nástroje jest veliký a když záběr není stálý, nýbrž přerušovaný, jako při hoblování, obrážení nebo frézování. Nástroje z čísla 3., tvrdšího a křehčího než číslo 2., jsou vhodné k obrábění litiny i oceli, pracují-li nepřetržitě a nejsou-li tlaky na ně veliké. Tento druh stelitu jest nejtvrdším kovem, jakého bylo až dosud upotřebeno k obrábění kovů.

Stelit jest neobyčejně tvrdý, tvrdší než ocel, poměrně křehký, dobře leštitelný; nerezaví, vzdoruje organickým kyselinám, hydrátu draselnému a neutrálním sloučeninám. Má měrnou váhu 7·6, barvu bílou, nažloutlou, sloh jemnozrnný, velmi stejnoměrný, mez pružnosti asi 59·5 a pevnost 77 *kg* na 1 *mm*^{2}. Není magnetický, vodí špatně teplo i elektřinu; třeba jej proto zvolna ohřívati i chladiti. Stelitové nástroje nelze chladiti vodou, jelikož by popraskaly. Ani brusný kotouč nesmí býti při broušení smáčen. Stelit nabývá největší tvrdosti volným vychladnutím; kalením ji zvýšiti nelze.

Poněvadž tvrdší druhy stelitu není možno kouti a jsou opracovatelny pouze broušením, získávají se z něho tyče na nože litím do kovových forem. Z dlouhých tyčí nelze odděliti kratších kousků sekáči nebo pilou, ani za studena ani za tepla, nýbrž musí se tak státi brusným kotoučem, jímž se na tyči vybrousí buď kolkolem drážka, a oddělený kousek urazí, nebo se tyč kotoučem zcela prořízne. Stelit možno řezati také známou pilou Ryersonovou, kotoučem z měkké oceli, na obvodu hladkým, bez zubu, otáčejícím se velikou rychlostí. Jelikož řezání stelitu jest obtížné, objednávají si jej americké strojírny na nože již nařezaný v délkách 180 až 250 *mm*. Z takových kousků, obroušených na povrchu, vypracují se zase broušením nože, jež musí býti v pouzdrech co nejdokonaleji drženy a pokud možno podepřeny v celé délce, i pod ostřím, aby se chvěním nelámaly.

Stelit snese větší rychlosti než rychlořezná ocel a jest v červeném žáru houževnatější a výkonnější než za studena. Rychlořezné oceli počínají při zvýšené rychlosti ztráceti tvrdost a pevnost teplem, vznikajícím za práce, již při 400°. Pokusy bylo zjištěno, že obráběcí schopnost stelitu při obyčejné teplotě jest pouze 50%ní oné, jakou má při teplotách vyšších. Opracuje-li se stelitem litina, má při teplotě 290° výkon 75%ní, při 350° 90%ní, při 480° 100%ní, který potrvá až do teploty 630°, načež ho ubývá tak, že při teplotě 680° jest 90%ní, při 740° 80%ní, při 770° 75%ní, při 840° 60%ní a při 900° ještě 50%ní. Vyšší teploty již nesnese. Opracuje-li se stelitem ocel, počne jeho výkonnost stoupati od 290°, kdy jest 75%ní, při 350° je 80%ní, při 480° 100%ní, na kteréž výši potrvá až do teploty 840°, při 900° má výkonnost ještě 80%ní, při 940° 60%ní a při 990° 50%ní. Stelit může tedy pracovati rychlostmi o 50 až 100% většími než obyčejná rychlořezná ocel. Ač jest několikráte dražší než tato, přece počíná nabývati půdy i u nás.

Kromě rychlořezných nástrojů hotoví se ze stelitu též nástroje chirurgické, pro zubní techniku, kapesní i stolní nože, chemické přístroje, nůžky na kovy i látky, bajonety, písty k tlačení horkého skla, krycí desky, lžíce a kelímky, vzdorující kyselinám i teplotě atd. Stelit vyrábí Haynes Stellite Company v New. Yorku.*) —

---

*) O stelitu viz:

Revue de Métallurgie 1918, str. 339.

Iron Age 1918, str. 886; 1920, str. 1723, 1922, číslo ze 6. dubna.

Zeitschrift für Metallkunde 1921, str. 435.

Die Werkzeugmaschine 1916, str. 105; 1918, str. 429; 1921, str. 157.

Der Betrieb 1921, str. 22, str. 89 a str. 135.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1919, str. 131, 274, 355 a 1101.

Strojnický Obzor 1922, str. 14: Sv. Černoch, Stellit.

Stellite Reference Library, vydávaná fir. Haynes Stellite Company, New-York.

VI. Výroba zkujněného železa.

1. Svářkového.

a. Dejlováním,

neboli zkujňováním v otevřeném ohništi. Zkujňování toto je nejstarším způsobem výroby svářkového železa ze surového. Užívá se ho již jen ojediněle ve Švédsku, Štýrsku (na př. firma Bratří Böhlerové) a v zemích majících dřevěné uhlí i čisté sur. železo, a to pouze k výrobě materiálu na nástrojové oceli, poněvadž je málo výkonný a velmi drahý. Jeho podstatou, jako všech dalších, jest odstraňování součástí sur. železa oxydací, tedy rafinace. Palivem může býti jenom dřevěné uhlí.

Zkujňováno-li šedé sur. železo, rozpadá se pochod ve 3 oddíly. V prvém jest okysličován Si a největší část Mn. Vzniklé kysličníky přecházejí do strusky. Šedé sur. železo změněno v bílé. V druhém oddílu pokračuje oxydace jmenovaných prvků a největší části C, částečně přímým působením O vzduchu, vháněného dmychadlem, částečně kyslíkem strusky. Ke konci tohoto výrobního oddílu obdržuje se ocel. Má-li býti vyrobeno kuj. železo, pokračuje v třetím oddílu oxydace C až na zbytek, jenž podle žádané tvrdosti v železe zůstane.

Nejprimitivnější tvar pecí, užívaných ve Štýrsku, znázorňují obrazy IV., tab. 20. Ohniště zhotoveno ze silných litinových desek *a*, kdežto dno vypěchováno z ohnivzdorné hlíny. Na sur. železo v houskách, založené do dřev. uhlí, působí vzduch, proudící z trubice *b*. Vyvinutým žárem se železo roztaví, podlehne popsaným změnám, načež se po dokonaném chodu vyjme z peci v těstovitém stavu, vykove v tyče as 25 *mm* silné, které se hned kalí, aby bylo usnadněno třídění železa podle tvrdosti. Dejlovaná ocel, jsouc chemicky čistší než pudlovaná, jest nejcennější surovinou na výrobu nástrojové oceli. Bylo-li zkujňováno šedé sur. železo, trval pochod 3—4 hodiny. Sázka váží 75—90 *kg*. Za týden získá se v jednom ohništi 700—1200 *kg* železa. Vyráběna-li ocel, jest ztráta opalem 10% váhy sázky, vyráběno-li kujné železo, 14%.

b. Výroba zkujněného železa pudlováním.

Přísluší diagr. č. 9., 10. a 11.

Stoupající spotřeba železa na jedné straně, na druhé zvětšující se nedostatek dřevěného uhlí, jakož i nemožnost nahraditi je při zkujňování v otevřeném ohništi koksem nebo uhlím, byly okolnosti, jež vyvolaly pozvolna nový pochod zkujňovací v plamenné peci, tak zv. pudlování.*) Vynalezl je Angličan Henry Cort r. 1784. Při pudlování nestýká se železo přímo s palivem, jako tomu bylo u pochodu právě popsaného, nýbrž jen s plameny a se zplodinami hoření.

*) Z anglického „to puddle“, značící míchati, šplíchati se.

Jelikož nístěj peci Cortovy byla vyložena hmotou křemičitou, která nepřipouštěla vzniku zásadité, kysličníky bohaté strusky, byla výkonnost peci malá, spotřeba paliva veliká. Ač znamenalo zavedení železného dna peci s litinovým orámováním Baldvinem Rogersem r. 1818 značný pokrok, přece se pochod všeobecně rozšířil teprve, když byla nístěj peci vyložena podle návrhu Josefa Halla z r. 1840 hmotou kyslíkatou. S počátku vyráběno bylo pudlováním jen kujné železo, později i ocel. Při pochodu jsou přimíšeniny surového železa oxydovány jednak kyslíkatými zplodinami hoření, zvláště však struskou, bohatou kysličníkem železitým. Takové se dosahuje vyložením, obsahujícím jmenovaný kysličník, jakož i látkami přihazovanými, jako okujemi, svařovací i pudlovací struskou a rudou, bohatými týmž kysličníkem. Spotřebovaný kyslík strusky jest nahrazován kyslíkem zplodin hoření.

α. *Pudlovací peci.*

Podle obsluhy rozlišují se především jednostranné neboli jednoduché a oboustranné peci. Prvé, na menší sázky, mají pracovní otvor jen na jedné straně, druhé, na větší sázky, mají otvory s obou stran, takže mohou v nich pudlovati současně dva dělníci, každý na jedné straně peci. Jelikož jest obtížno dosáhnouti v oboustranných pecích stejnoměrného výrobku, nejsou rozšířenější než jednostranné. Pudlovací peci jsou opatřeny buď topením roštovým, nebo mají topení plynové. Jednoduché mívají častěji topení roštové, kdežto oboustranné, mající větší šířku, plynové.

Příklad jednoduché pudlovací peci jest nakreslen na diagr. č. 9. Pec se skládá ze dvou od sebe oddělených částí, z topeniště *T* a z pracovního prostoru *O*. V topeništi shořuje na roštu *r* palivo, nahazované se strany otvorem, jehož litinové vyložení přechází v násypku *A*. Roštní tyče leží na roštnicích *e*, *f*, z nichž *f* je pevná, kdežto *e* lze natáčet, jak patrno z řezu 5—6, neboť její válcové čepy vycházejí až na zevnějšek zdiva, kde jsou uloženy v pánvích přilitých k litinovému obložení peci. Pravý z čepů (vzhledem k řezu 5—6) končí čtverhranem, na kterém sedí páka *h* s rukojetí. Jejím otočením skloní se roštnice *e*, a sníží i přední konce roštu *r*. Tímto pohybem, opakovaným několikráte rychle za sebou, lze pročistiti rošt zhruba; dokonale zbaví se škváry a popelu prohrabáním po sklonění. Vzduch, potřebný k hoření, vchází do topeniště popelníkem a roštem. Pro topení drobným nebo špatnějším palivem než je kamenné uhlí, volí se rošt stupňový.

Pracovní prostor *O* vytvořen jest z litinových, 50—80 *mm* silných desek *a*, spojených přeplátováním, které spočívají na podélných nosnících *b*, taktéž litinových, a ty na příčných *c*, uložených pevně ve zdivu. Vzduch z popelníku má volný přístup ke spodku desek *a*, jež chladí. Tam, kde mají dobré uhlí s malým obsahem popelu, vhánějí pod rošt vzduch při zavřených

popelníkových dvířkách; ušetří paliva a mohou pohodlněji říditi teplotu v peci.

Na deskách *a* leží litinový rám *v*, 0·25—0·35 *m* vysoký, složený ze dvou nebo tří dílů, jak zřejmo z řezu 1—2, v nichž prolit kruhový kanál as 50 *mm* ve světlosti, kterým stále proudí chladicí voda, jež vstupuje při s_1 a vystupuje při *s*. Výhodno jest, vytéká-li voda volně do odpadní nálevky, aby mohlo býti ihned zpozorováno, kdyby její proudění rámem přestalo. Vody třeba 12—15 *l* v minutě. Ke spojení prolitého vodního kanálu mezi jednotlivými díly rámu vyvedeny jsou jejich konce na venek a tam spojeny železnými nebo měděnými koleny. Přímé spojení vyžadovalo by utěsnění a stažení jednotlivých dílů rámu šrouby. Kdyby pak těsnění povolilo, dostala by se voda do žhavé nístěje a vzniklo by nebezpečí explose parou, vyvinuvší se náhle ve velikém množství.

Položením rámu *v* na litinové desky *a* utvořena prohlubenina, která mívá pro sázku 300 *kg* as 1·7—2 *m* délky a 1·6—1·7 *m* šířky ve světlosti (viz řez 1—2); poměr šířky k délce bývá nejčastěji 0·8. Tvar rámu je tak vyšetřen, aby při pudlování mohla býti zasažena nístěj v celém rozsahu hřeblem nebo sochorem, prostrčeným otvorem *o* ve dvířkách *d*. Vytvořená prohlubenina jest opatřena konečně kyslíkatým vyložením *g* (řez 3—4 a 7—8). Toto bývá obyčejně ze strusky svařovací a pudlovací, ač může býti i z čistých rud. Hotoví se tak, že se železné desky i boky prohlubeniny potrou nejdříve hlinovou kaší, načež se vyloží svařovací struskou velikosti ořechu až pěsti, a ta rozžhaví až počne táti. Pak se přidá pudlovací struska, jež, jsouc snáze tavitelna, vyplní zbylé skuliny. Nabyla-li veškerá hmota vzhledu kaše, přihodí se vrstva okují, aby zvýšena byla ohnivzdornost vyložení. Potom následuje vysoké ohřátí při zavřených dvířkách, trvající 1½—2 hodiny. Když se stala hmota vniknuvším vzduchem po otevření dvířek zase těstovitou, tvárnou, dá se vyložení žádoucí tvar připlácáním hmoty k deskám i rámu, načež se nechá vychladnouti. Správně provedené vyložení nesmí míti ani trhlin ani hrbolů; uprostřed mívá tloušťku 10 až 12 *cm*. Takto zhotovené vyložení působí nejen oxydačně na lázeň, nýbrž chrání i desky *a* před roztavením a naopak roztavené železo před chladnutím. Po každém chodu nutno vyložení prohlédnouti a opraviti. Je-li velmi poškozeno, vytluče se po zastavení práce a znovu připraví.

Na stranách jest litinový rám *v* chráněn postranicemi peci, vyzděnými přímo nad ním, vpředu velkým můstkem *M* a vzadu malým můstkem *m* z ohnivzdorného zdiva. Prostředek malého můstku bývá přesazen o 80—100 *mm* směrem k dvířkám proti ose velkého můstku, který zúžuje prostor za topeništěm jako v každé jiné peci, aby v něm byly zplodiny hoření dokonale promíšeny a spáleny. Můstky zabraňují též překypění strusky za práce v době varu.

Na postranních zdech spočívá klenutí *S*, snižující se k sopouchu *K*. Výška klenby nade dnem nístěje bývá 0·60—0·75 *m*. Sopouchem odcházejí

zplodiny hoření a s nimi nezužitkované teplo obyčejně pod kotle a pak teprve ke komínu. V nejnižším místě sopouchu je výhodný příčný kanál k vyvedení stržené strusky. Nespotřebované teplo bývá využitkováno buď pod kotli stojatými, nebo ležatými; prvých užívá se jen při nedostatku místa. Pak jest kotel buď za každou pecí nebo společný vždy za dvěma. Je-li kotel připojen na jednu pec, mívá jeho komín výšku 12—18 *m*. Ležaté kotle mohou býti vyhřívány 8—12 pudlovacími pecemi a opatřeny jediným komínem, jenž pak bývá vysoký 40 *m* i více.

V přední podélné zdi peci upraven pracovní otvor, kterým se vkládá do peci surové železo a vyjímá zkujněné. Za chodu jest uzavřen dvířky *d* (řezy 1—2, 7—8), která jsou vyložena uvnitř ohnivzdorně a zavěšena na páce, takže se otevírají zvednutím (viz diagr. č. 10.). Probráním *o* ve spodu dvířek, 90—120 *mm* širokým a 110—150 *mm* vysokým, pozoruje dělník pochod a vevádí náčiní pudlovací, aby dvířka nemusela býti otevřena a nístěj chlazena. Spuštěná dvířka leží na litinovém prahu průřezu úhelníkového (řez 7—8), který bývá přikryt ještě ocelovou výměnnou deskou, poněvadž pudlovacím náčiním velmi trpí. V anglických hutích bývají dvířka dutá, chlazená vodou, přiváděnou hadicemi. Dvířka vydrží déle, a pobyt u nich je snesitelnější. Někdy mají peci pod dvířkovým prahem, ve výši dna nístěje, ještě malý otvor k snazšímu vyčištění nístěje a odpouštění strusky; za práce jest uzavřen.

Celá pec jest obložena litinovými, žebry vyztuženými deskami *k* a nosníky *j*, kryjícími jejich spáry. Nosníky jsou staženy navzájem podél i napříč šrouby *i*, aby se pec žárem nerozstoupila. Pec vydrží as 6 neděl.

Aby se zkrátilo trvání pochodu, snížila spotřeba paliva a zvýšila výkonnost, opatřuje se pudlovací pec také nístějí předhřívací, která leží za pracovní. Surové železo jest v ní ohříváno odcházejícími zplodinami. Po dokonaném pochodu nevkládá se do pracovní nístěje studená sázka, nýbrž přehodí přes můstek ohřátá z nístěje předhřívací. Ušetří se as 15% paliva. Nevýhodou jsou značné ztráty opalem, není-li zkujňováno surové železo s větším obsahem manganu.

Oboustranné peci, na sázky obyčejně od 450 do 700 *kg*, mají pracovní otvory na obou bočních stranách, takže může míti nístěj, při délce skoro stejné jako u jednostranných pecí, větší šířku, neboť se pracuje s obou stran. Topení mívají, jak bylo již uvedeno, plynové a jsou opatřeny předhřívací nístějí častěji než jednoduché peci. Osy můstků leží v jedné přímce.

Dalšího pokroku dosaženo, když předhřátí bylo zvýšeno až na teplotu tavení. Tím zmenšen opal a ušetřeno přemísťování surového železa, neboť pak byla pec opatřena dvěma shodnými nístějemi, v nichž se střídavě tavilo a pudlovalo. Práce taková vyžadovala zařízení, jež uvádí onu nístěj, ve které má býti pudlováno, vždy do nejteplejšího místa peci. Vytčená úloha byla snadně řešitelna, když se užilo plynového topení Siemen-

sova, jak učinil Springer u svých dvojitých pudlovacích pecí. Příklad takové peci naznačen na diagr. č. 10.*)

Springerova pec má dvě nístěje T_1, T_2, vytvořené podobně jako nístěje pecí jednoduchých. Litinové rámy V obou nístějí, ležící na deskách b, skládají se v tomto příkladě jen ze dvou částí, spolu vůbec nespojených. Musí tedy chladicí voda prouditi v každé samostatně; vchází hrdly h_1 a vytéká hrdly h_2. V obr. II. je patrné zavěšení i vedení dvířek v, upravených na obou stranách peci, takže popisovaná pec jest nejen dvojitá, ale i oboustranná. Ostatní zařízení odpovídá poznanému u pecí jednoduchých.

V peci této se topí generátorovým plynem, který shořuje, když se mu přivede dostatečné množství vzduchu. Oba plyny předhřívají se před smíšením ve dvou z tak zv. regenerativních komor M_1, M_2, M_3, M_4, umístěných pod půdou huti a to stranou vedle peci, s kterou je spojují kanály N_1, N_2, N_3, N_4.

Nechť se v nístěji T_1 pudluje, v T_2 roztavuje sázka. Pak prochází generátorový plyn kanálkovým zdivem komory M_2, rozžhaveným do běla, ohřívá se a vchází do peci kanálem N_2, kdež se mísí s horkým vzduchem, vycházejícím z kanálu N_1 a prošedším tedy komorou M_1. Po smíšení se plyn zapaluje, hoří, plameny táhnou v peci od levého čela k pravému (vzhledem k obrazu I.), odevzdávají teplo napřed nístěji T_1, pak T_2, načež zplodiny se zbytkem tepla odcházejí kanály N_3, N_4 do komor M_3, M_4, které vyhřívají. Když skončeno pudlování v nístěji T_1, jest sázka v T_2 roztavena, komory M_1, M_2 zchladly, kdežto M_3, M_4 byly dostatečně vyhřáty. Proto obrátí se zvláštním rozvodovým ústrojím, jež bude popsáno podrobněji i s funkcí peci při pochodu Siemensově a Martinově, proudy studeného plynu a vzduchu do komor M_3, M_4, z nichž vycházejí ohřáté kanály N_3, N_4, shořují a jejich zplodiny táhnou pecí s pravé strany na levou, t. j. dodávají nejvíce tepla nístěji T_2, v které se pak pudluje, a roztavují novou sázku, vloženou do nístěje T_1.**)

β. *Pochod.*

Jak průběh pochodu, tak i chemické složení sázky závisí na druhu vyráběného materiálu. Liší se proto pochod, jímž má býti získáno měkké, vláknité svářkové železo s malým obsahem uhlíku od pochodu, kterým se dostává zrnitý materiál s vyšším obsahem této látky.

Čím stejnoměrnější, strusky prostší a tvrdší má býti výrobek, tím povlovněji musí oduhličení pokračovati; zároveň stoupá ovšem spotřeba paliva, opal a zvyšují se i mzdy. Sázka skládá se obyčejně z více druhů

*) Výkres odpovídá pecím ve Staré Huti u Berouna, jakož i v Donavicích ve Štýrsku.

**) Při zpracování bílého sur. železa na kujné trval pochod v této peci ve Staré Huti průměrně 100 minut.

surového železa; její hlavní součástí je však bílé surové železo s větším nebo menším obsahem manganu. Na výrobu vláknitého železa neboli k pudlování na vlákno, jest vhodné surové železo s malým obsahem manganu i uhlíku; pak pochod postupuje nejrychleji. Naopak na výrobu zrnitého svářkového materiálu jest nezbytné surové železo s velikým obsahem manganu, neboť mangan, oxydující snáze než uhlík, zdržuje oduhličování a dává i řídkou strusku, která, spojujíc se rychle za pudlovacím hřeblem, oxydaci taktéž ztěžuje. Stejně chová se i křemík, umenšující zásaditost strusky; proto třeba manganaté přísady, i když jest zkujňováno šedé surové železo. Sázka na obyčejné, laciné svářkové železo smí míti i značně fosforu.

Pudlování na vlákno. Do peci, žhavé od předcházejícího chodu, v níž zbylo něco tekuté strusky, vloží se sázka, vážící pro jednostrannou pec kolem 300 *kg*, pro oboustrannou a dvojitou s plynovým topením 450—700 *kg*. Má-li býti vyráběna ocel, jest sázka menší, 200 až 350 *kg*.

Surové železo sází dělník do peci podlouhlou lopatkou buď místo vedle místa nebo, kdyby mělo býti struskou zatopeno, staví je do pyramid, aby plameny mohly na ně působiti. Je-li zkujňováno bílé surové železo, vhodí se do peci okuje nebo pudlovací struska z konce pochodu *před* vložením sázky; zpracuje-li se šedé surové železo, přihazují se tyto kyslíkaté látky obyčejně až *po* roztavení sázky, aby teplota v peci nebyla snížena, jelikož teplota tavení šedého železa jest vyšší než bílého. Množství přihazované strusky je také různé. Při zpracování bílého surového železa s malým obsahem fosforu na vláknitý materiál stačí i struska, zbylá v nístěji od předcházejícího chodu, kterou třeba jen občas, po několika chodech, odpustiti a nahraditi čerstvou, bez fosforu, z okují a svařovací strusky. Zkujňováno-li však fosfornaté surové železo, obohacovala by se tatáž struska stále fosforem, vylučování této součásti ze surového železa by klesalo, pročež nutno strušku bohatou kysličníkem fosforečným odpouštěti i za chodu a nahrazovati čerstvou.

Když bylo železo do peci vsazeno, zakryje dělník otvor *o* ve spodu dvířek železnou deskou s malou pozorovací dírkou, aby vzduch nevnikal dovnitř. V 20—25 minutách počne železo táti. Tavení, byvši urychleno obrácením housek, končí v 35—40 minutách. Vrstva roztaveného železa nemá býti vyšší než 26—30 *mm*.

Již v době tavení působí kyslíkaté součásti zplodin hoření na železo, oxydujíce částečně jeho křemík na kysličník křemičitý (SiO_2) a mangan na kysličník manganatý (MnO); někdy okysličuje se částečně i uhlík. Jmenované kysličníky přecházejí do strusky, která železo přikrývá, bráníc dalšímu přímému pusobení plamenu. Proto, jakmile je surové železo roztaveno, počíná vlastní práce pudlařova, jehož úlohou jest, obnoviti zamezený styk rozhrnováním strusky. Proto strčí po nadzvednutí dvířek *d* do peci hřeblo *a* (obr. II., tab. 20.) ze železné tyče as 40 *mm* silné, 2·5—3 *m*

dlouhé, jejíž účinný konec byl ohnut v délce as 100 *mm* o 90° a pohybuje jím za průchodu otvorem *o* pravidelně od předu dozadu, místo vedle místa, od malého můstku k velkému a zpět. Z obrazce zároveň zřejmo, že tvar rámu *v* přizpůsoben této práci tak, aby hřeblem mohlo býti zasaženo každé místo a nezůstávalo mrtvých koutů.

Když se hřeblo, pohybované po dně nístěje, ohřálo za několik minut do žhava, ponoří je dělník do vody, aby se ochladilo a pracuje jiným. Jelikož struska, jsouc hustší, nespojuje se za hřeblem ihned, nýbrž ponechává hladinu železa v místě *x* (obr. VI. téže tab.) po nějakou dobu odkrytou, mohou na ni oxydační plameny působiti. Dalším ne méně důležitým úkolem prohrnování jest, aby promíchávána byla struska, které se přidalo oxydačních látek, s lázní železnou, čímž jsou její součásti také okysličovány. Kyslík, který struska poskytla k oxydaci součástí, jest v ní stále nahrazován kyslíkem z plamenů. Konečně působí na lázeň také kyslíkaté vyložení nístěje.

Následek prohrnování stane se brzo patrným. Teplem, vyvinutým dokonanou oxydací křemíku a manganu, stoupla teplota lázně tak, že dosaženo spalovací teploty uhlíku, který se počne okysličovati na kysličník uhelnatý, jenž prodíraje se lázní, uvede tuto do varu, podobně jako pára vodu, a shořuje, když dostal se až na povrch, na kysličník uhličitý. Po 15—30 minutách dosáhne vaření vrcholu. Lázeň zdvihla se tak, že část strusky odteče přes prah dvířek pracovním otvorem *o* vedle tyče hřebla.

Na počátku této části pochodu může býti okysličeno značněji fosforu na kysličník fosforečný (P_2O_5). V této době odpouští se též nejčastěji struska bohatá fosforem a nahrazuje čerstvou z okují.

Unikáním uhlíku z lázně přechází surové železo poznenáhlu ve zkujněné, mající vyšší teplotu tavení, které nelze v peci dosíci ani tím nejúsilovnějším topením. Proto železo počne tuhnouti, přecházeti ve stav pevný. Ukáží se tuhá zrnka, plovoucí v lázni. Jejich počet se zvětšuje s pokračujícím oduhličením, tvoří shluky, usazující se na dně nístěje, míchání stává se obtížnějším a obtížnějším, až konečně je znemožněno, když celá lázeň ztuhla. Unikání kysličníku uhelnatého přestalo, struska klesla, takže z ní vyčnívají jednotlivé hroudy těstovitého železa. Surové železo přešlo ve zkujněné, není však oduhličeno stejnoměrně, zvláště ne v částech ležících na dně nístěje. Rovnoměrnosti dosahuje pudlař tak zv. obracením a přemísťováním, za kterého se snaží, aby účinkům oxydačním byly vystaveny všechny části stejnoměrně. K tomu cíli zamění hřeblo za přiostřený, železný sochor téže délky, procházející rovněž otvorem *o* ve dvířkách, jímž odlupuje a zvedá železo pokryté struskou, aby plameny mohly na ně působiti, a naopak ukrývá takové, na které působily už dostatečně. Pak tvoří hromady, obraceje ze stejných důvodů kusy plochami, které byly dosud nahoře, dovnitř a plochami, jež byly na dně, na zevnějšek. Když dosáhl žádoucí stejnoměrnosti oduhličení, udělá v peci 4—8 takových hromad (as po 75 *kg*), zvýší co nejvíce teplotu,

přiráží k nim tyčí jednotlivé kousky, aby se přivařily a struska z nich vytekla, sbalí je válením po nístěji v koule, v tak zv. dejly neboli vlky (Luppen), na které přichytily se i roztroušené zbytky železa, načež je přistrčí k velkému můstku, by se co nejvíce ohřály a jejich struska zřídla. Dejl má vzhled pórovité houby, jejíž kostru tvoří svářkové železo, a dutiny prostupuje struska.

V této době vyměšuje se část fosforu ze železa jako fosfid (Fe_3P) a přechází do strusky. Síra okysličuje se po celou dobu pochodu; čím déle tedy pochod trvá, tím více síry bude vyloučeno ve tvaru kysličníku siřičitého (SO_2).

Prohřáté dejly vyjímají se z peci jeden po druhém dlouhými kleštěmi na dvoukolový železný vozík, přistrčený zadkem až k jejím dvířkám, a na něm dopravují k bucharu nebo lisu. Dělník u bucharu uchopí dejl zase dlouhými kleštěmi, stáhne jej na kovadlinu, načež nechá na něj dopadati beran jen zvolna, mírnými rázy, aby byla z něho především vytlačena struska. Když se tak stalo, svaří jednotlivé částice železa silnými ranami za současného vykování dejlu v krátký hranol. Bylo-li železo stejnoměrně oduhličeno, je svaření snadné, nebylo-li, vyskytnou se na jednotlivých místech modré plaménky, které prozradí, že oduhličení nebylo náležité, svaření jest obtížnější, nebo ho nelze ani dosíci a dejl musí nazpět do pudlovací peci.

Vykovaný, ještě žhavý hranol dopraven jest ihned k válecímu zařízení, které se skládá obyčejně ze dvou triových stolic a tvoří součást zařízení pudlovny, kdež se vyválí v surové pudlované tyče neboli millbary, buď čtvercové, 40—100 *mm* ve straně (velmi často 50×50 *mm*), nebo ploché, 50—130 *mm* široké a 12—30 *mm* silné. Vyválením surových tyčí jest pochod ukončen; trvá celkem $1^1/_2$—$2^1/_4$ hodiny.

Získané tyče nejsou na povrchu hladké, nýbrž mají roztrhané nejen hrany, ale i plochy, nepravidelné konce, obsahují ještě kolem 4% strusky, takže nemohou býti přímo upotřebeny; tvoří polovýrobek. Na výrobky se zpracují teprve ve válcovnách tím způsobem, že se přestřihají na tak zv. přestřižky, 600—1200 *mm* dlouhé, ty složí ve svazky, ováží, ohřejí na svárný žár v ohřívacích pecích a svaří dokonale za válení buď v hladký nebo tvarový tyčový materiál nebo v plech.

Na obrazech V., tab. 20., naznačen svazek z přestřižků pudlovaných tyčí, ovázaný drátem. Způsob složení svazku je zřejmý z čelního pohledu. Když měly býti zpracovány na válené zboží nižší jakosti i odpadky kujného železa, vyplnil se jimi pokud možno dokonale, bez děr, vnitřek svazku, a z plochých pudlovaných tyčí složil toliko zevnější obal.

Po vynětí dejlů se pec prohlédne, případně vyspraví, rošt pročistí, a po vložení sázky počne hned nový chod. U nás bývaly pudlovací peci

v nepřetržité činnosti po 14 dnů, kdy se na neděli zastavovaly. K několika pecím přísluší as 2 *t* buchar, mající zdvih kolem 1·3 *m*.

Pudlování na zrno. Získává se jím t. zv. jemnozrnné železo a ocel. Prvého, tvořícího přechod mezi kujným železem a ocelí, užíváno s oblibou na výrobu lisovaných matek. Surové železo nesmí obsahovati ani fosforu ani síry, jelikož látky tyto, jsouce pochodem jen částečně odstraňovány, stávají se zkujněnému materiálu tím nebezpečnějšími, čím má býti tvrdší. Aby oduhličování nepostupovalo příliš rychle, volí se sázka buď ze surového železa bohatého manganem, na př. ze železa lupínkového, nebo ze šedého s velkým obsahem křemíku. V prvém případě vzniká velmi řídká struska, ztěžující přístup okysličujícím zplodinám k lázni, v druhém nastává rychlé roztavení vlivem křemíku, čímž se železo dostává brzy pod vrstvu struskovou.

Oxydaci uhlíku za tavení musí býti zabráněno. Po skončeném vaření ponechává se železo rovnoměrně rozloženo pod struskou, aby plameny nemohly působiti na vyčnívající hroudy. Obracení a přemísťování se zkracuje, teplota v peci snižuje. Aby byly utvořené dejly uchráněny před dalším oduhličením, vyvozují se na konec hojným nahozením paliva redukující, čoudící zplodiny hoření místo okysličujících plamenů. Vyráběn-li materiál jemnozrnný, trvá pochod $1^3/_4$—2 hodiny, má-li býti získána ocel, 2—$2^1/_2$ hodiny.

V jednostranné peci s roštovým topením spotřebuje se na 1 *t* vláknitého svářkového železa, je-li vyráběno z bílého, 800—900 *kg* paliva, kteráž spotřeba stoupne při výrobě oceli až na 1600 *kg* a klesne v oboustranné peci s plynovým topením na 500—700 *kg*.

Opal, t. j. rozdíl mezi vahou sázky a vahou získaných tyčí dělá průměrně 12% sázky; může však stoupnouti až na 18% a klesnouti až na 6%.

Vzniklá struska jest bohatá kysličníky železa; bylo-li zkujňováno fosfornaté železo, obsahuje kysličník fosforečný. Zpracuje se ve vysokých pecích. Její složení: 52—63% FeO, 2—14% MnO, 15—20% SiO_2, 5—18% Fe_2O_3, 0·7—4% $CaO + MgO$, 0·3—3% Al_2O_3 a 2—5% P_2O_5.

Graficky jest znázorněn vnitřní, chemický pochod při pudlování ve třech případech na diagr. č. 11., a to tak, že chemické složení lázně nanášeno na svislé, kdežto na vodorovné doba, ve které byly vzaty jednotlivé zkoušky a analysovány. Křivky, vzniklé spojením průsečíků, udávají názorně ubývání jednotlivých součástí surového železa za pochodu.

Prvý případ. Výroba měkkého kujného železa z přechodního v jednoduché peci, pod jejíž rošt byl vháněn vzduch. Sázka 200 *kg*. Před jejím vložením bylo vhozeno do peci as 50 *kg* okují. Nejrychleji shořoval křemík, který byl as v 10 minutách po roztavení, jež vyžadovalo doby 40 minut, zcela vyloučen, pak mangan, který byl odstraněn v téže době až na sledy. Uhlíku ubývalo stejnoměrně hned od

počátku. Obsah fosforu klesal ponenáhlu; značněji v době tvoření dejlů. Pochod trval 85 minut.

Druhý případ, znázorňující výrobu jemnozrnného železa, vlastně oceli s 0·63% uhlíku, ze surového s velikým množstvím manganu a křemíku v jednoduché pudlovací peci. Struska byla přidána po roztavení. Rychle shořují křemík a mangan, pak částečně i železo, kdežto uhlíku až do 51 minuty vůbec neubylo, čímž vzrostlo jeho percentuální množství. I zde klesal obsah fosforu zvolna; rychleji jen na počátku vaření. Pochod vyžadoval 115 minut.

Třetí případ. Výroba svářkové oceli s 0·94% C ze surového železa s poměrně malým množstvím přimíšenin. Teplota v peci byla vyšší než v předchozím případu, pročež shořoval uhlík vedle křemíku a manganu již za tavení. Pochod trval 125 minut.

Práce pudlařova jest z nejtěžších prací vůbec; proto nechybělo pokusů přenésti ji na stroje. Než náhrada prací strojní, jsouc omezena jen na dobu, ve které lázeň zůstává ve stavu tekutém, řídkém, jest možna pouze v částečném rozsahu. Jakmile lázeň počne tuhnouti, je třeba duševní součinnosti dělníka, kterou nahraditi nelze. Strojní pudlování bylo také ve Staré Huti u Berouna.

Pudlovací pochod jest v porovnání s pochody plávkovými nákladný (svářkové železo prodávalo se také průměrně o 1·5 K dráže než plávkové), zdlouhavý a málo výkonný.

Jeho obtížnost ve spojení s nynějšími dělnickými poměry urychlila u nás jeho konec. Ve vítkovických železárnách byl zastaven ve válce a pudlovny rozbourány, ve Staré Huti, kde byla v poslednější době ze 6 dvojitých Springerových pecí v činnosti pouze jedna, v níž vyráběno jemnozrnné železo na matky, byla práce přerušena r. 1920. V následujícím roce byla sice znovu zahájena, avšak zpracovány jenom staré zásoby sur. železa, načež znovu zastavena, pravděpodobně již na vždy.

Lom svářkového materiálu jest obyčejně vláknitý nebo hrubozrnný, řidčeji jemnozrnný. Mezi vlákny železa zbylo vždy něco strusky, snižující pevnost a houževnatost, kterou se nepodařilo vytlačit ani z dejlu, ani ze svazku (viz obrazy VII. a VIII. na tab. 5.). Vlastnost tato svářkové železo charakterisuje. Strusky, složené hlavně z kysličníků železa, bude svářkový materiál obsahovati tím méně, čím menší množství surového železa bylo zkujňováno a čím vyšší teplotu měla pec. Její obsah lze sice opětovným zpracováním značně snížiti, ne však zcela odstraniti; obyčejné obchodní železo obsahuje jí přes 2%.

Přehled o výrobě různých druhů zkujněného železa a tedy také o poměru vyrobeného množství pudlovaného materiálu k ostatním druhům železa v bývalém Rakousko-Uhersku v letech 1900—1918 poskytuje číselná tabulka 7. (na str. 132—133) a o výrobě v naší republice v letech 1918—1921 číselná tabulka 8. (na str. 132—133).

Číselná

Rok	Ocel Bessemerova t	Ocel Thomasova t	Ocel Martinova t	Pudlované železo t
1900	65 394	251 770	834 674	238 795
1905	95 334	235 510	1 154 372	175 235
1910	34 874	297 500	1 803 829	82 793
1911	34 358	293 700	1 979 902	72 749
1912	52 845	347 100	2 261 139	60 911
1913	42 581	232 900	2 283 819	56 740
1914	4 614	159 500	1 948 869	30 520
1915	645	241 045	2 370 947	12 029
1916	1 044	342 670	2 893 409	6 301
1917	578	335 904	2 498 954	1 941
1918	428	196 124	1 509 283	631

Číselná

Druh zkujněného železa	1919	
	t	%
Železo Thomasovo a Bessemerovo .	174 025	22·14
Železo Martinovo	598 163	76·10
Pudlované železo	2 358	0·30
Kelímková ocel.	314	0·04
Ocel z elektrických pecí	11 162	1·42
Úhrnem. . . .	786 022	100·00

K tab. 8. třeba připojiti, že vykázané výkony zůstávají značně za výkony let předválečných a válečných. Tak bylo v r. 1917 vyrobeno v podnicích, ležících na území republiky československé 1,610.079 *t* a v r. 1918 1,019.032 *t* zkujněného železa.

2. Výroba plávkového železa.

Jak z předchozích pochodů zřejmo, měnilo se sur. železo ve zkujněné spolupůsobením vzduchu. Napadlo proto r. 1855 Angličana Henry Bessemera vháněti vzduch přímo do roztaveného kovu a zvýšiti tak jeho účinek. Jeho prvým zkujňovacím zařízením byl kelímek, jehož víkem procházela vzdušní trubice, sahající skoro až ke dnu. Neúmorné tříleté práci Švéda Göransona podařilo se získati prvé potřebné

tabulka 7.

Pudlovaná ocel t	Kelímková ocel t	Ocel z elektr. pecí t	Dejlované železo t	Úhrnem
5 906	17 703	—	1 931	1 416 173
9 521	24 074	—	1 377	1 695 423
14 554	17 586	20 023	—	2 271 159
14 714	17 467	22 867	—	2 435 757
16 116	25 438	21 556	—	2 785 105
14 579	25 163	26 837	—	2 682 619
9 856	17 557	19 844	—	2 190 760
11 514	26 151	23 895	—	2 686 226
11 903	34 033	47 247	—	3 336 607
14 355	31 905	47 152	—	2 930 789
2 213	13 903	41 163	—	1 763 745

tabulka 8.

1920		1921	
t	%	t	%
166 663	16·82	75 742	8·25
792 794	81·48	820 995	89·47
—	—	3 772	0·41
—	—	—	—
16 519	1·70	17 153	1·87
975 976	100·00	917 662	100·00

ingoty a myšlenku Bessemerovu uplatniti. Nový vynález způsobil ve všech zemích, vyrábějících železo, veliké vzrušení, neboť, bylo-li třeba ke zkujnění 100 *q* sur. železa v otevřeném ohništi doby více neděl, v pudlovací peci několika dnů, bylo toto množství novým pochodem zkujněno as ve 20 minutách.

Bessemer se domníval, že vyrobí z každého sur. železa dobré zkujněné. Ale brzy seznáno, že jeho pochodem nelze ze sur. železa vyloučiti všechny přimíšeniny, zvláště ne P, zkujněnému železu tak nebezpečný. P zůstával pochodem netknut, neoxydován. Proto mohlo býti pochodem tím zpracováno jen sur. železo bez fosforu, jakým na př. naše domácí není.

V pudlovací peci udržován žár topením a přece v ní oduhličené železo ztuhne, neboť stoupne jeho bod tavení a žáru nelze více zvýšiti.

V peci Bessemerově se netopí; studený vzduch vháněný do lázně (jest ohřát jen na teplotu odpovídající jeho stlačení) odnímá jí značně tepla a lázeň zůstává přece nejen tekutá, nýbrž na konci pochodu je teplejší (as 1600°) než byla na počátku. Příčinou tohoto úkazu jest vyvinutí velkého množství tepla rychlým postupem pochodu, rychlým spalováním součástí sur. železa, obzvláště Si, pak C, Mn a částečně i železa. Je tedy přítomnost značného množství Si v sur. železe k bessemerování nezbytna (vyžadují se ho 2%). Kromě toho se žádá, aby mělo něco Mn, jenž není sice nezbytný, ale výhodný. Dále smí obsahovati jen sledy P a S. Z tohoto složení je zřejmo, že se Bessemerovým pochodem zpracuje šedé sur. železo. Najednou možno ho zkujniti 10—28, obyčejně 15 *t*. Přiváží se lokomotivou buď přímo od vys. peci, v pánvi uložené na železničním vozíku, nebo výjimečně přitéká též od kuploven, v nichž se pevné přetavilo, když bylo nutno pustiti je do lunek slévacího pole.

a. Směšovač surového železa.

V novější době vkládá se mezi vysokou a zkujňovací pec tak zv. směšovač (Roheisenmischer), jehož jeden tvar nakreslen na diagr. č. 12. Vkládá se do výrobního pochodu, aby vyloučen byl vliv buď nahodilých nebo se opakujících nepravidelností v dodávání sur. železa vysokými pecemi ocelárně ke zkujňování a učiněn provoz této nezávislým na chodu vysokých pecí. Tak může směšovač pojmouti i železo vytavené v neděli, kdy ocelárna, jsouc vázána nedělním klidem, pracovati nesmí; jinak bylo by nutno pouštěti železo v tomto případě do lunek a ke zkujnění znovu roztavovati.

Kromě toho se směšovačem dosahuje větší stejnosti chemického složení železa pro zkujňování i jeho stejnější teploty, neboť bez něho byla by každá náplň ve zkujňovacím zařízení jiná, poněvadž ani táž pec nedává stejného železa, tím méně peci různé. Právě vytčené účinky směšovače umožňují, že náplním může býti přidáváno stejně vápna a tím dosaženo shodných průběhů pochodů zkujňovacích, což jest velikou výhodou. Ale jeho hlavní předností jest, že může býti v něm zmenšen obsah síry sur. železa až o 45%, má-li toto značně manganu. Stojí-li totiž větší množství takového železa delší dobu, spojí se jeho Mn, jenž má velikou slučivost se sírou, na sirník manganatý (MnS), který je v železné lázni nepoměrně méně rozpustný než sirník železnatý (FeS) a proto se vyloučí; jsa lehčí než železo, vyplove do strusky. Na reakci tuto působí výhodně okolnost, že teplota tavení sirníku manganatého jest asi 1430°, takže, jak drobnohledné zkoušky strusky potvrzují, MnS z lázně většinou vykrystaluje.

Závislost percentuálního úbytku síry na množství této látky a manganu v sur. železe znázorněna graficky na obr. III., tab. 20. Z průběhu křivek plyne na př., že za stejných poměrů ubude v sur. železe s 1% Mn

25% síry, v železe s 1·6% Mn 39% a taktéž při stejných poměrech, že ubude ze sur. železa s 0·05% S 17·4%, kdežto ze železa s 0·095% S 43% tohoto prvku.

Směšovač jest veliká nádoba, která může pojmouti 150—2000 *t* surového železa, přiváženého od vysokých pecí. Toto vlévá se do ní jedním hrdlem a odlévá z ní ke zkujňování smíšené, stejnoměrného složení, druhým hrdlem. Rozlišují se směšovače o k l o p n é (Kippmischer) a o t o č n é (Rollmischer).

Příklad o k l o p n é h o, na 250 *t*, nakreslen na diagr. č. 12. Tvoří jej válcová nádoba *a*, uzavřená na jednom konci vydutým dnem, na druhém otevřená, zužující se hruškovitě v hrdlo *c*. Nádoba 4600 *mm* v průměru, 7500 *mm* dlouhá, snýtovaná ze silných plechů, jest vyzděna v rozsahu, ve kterém se stýká se železem a struskou, cihlami magnesitovými, ve zbytku pak šamotovými, nebo vesměs šamotovými, pokrytými v části právě uvedené ještě cihlami magnesitovými. Jelikož má naplněná velikou váhu, není oklopnou kolem čepů, přinýtovaných k bokům, jak prováděny byly menší směšovače, nýbrž prostřednictvím širokého, přinýtovaného sedla *d* kolem válečku *e*, který leží na stolici *f*, přichycené k základu. V nakreslené poloze opírá se nádoba poblíže dna o další litinové sedlo *h*. Podpora umístěna tak, aby prázdná nádoba byla v rovnováze. Nálevkovitým hrdlem *b* jest železo do směšovače vléváno, ústím *c* odléváno.

Surové železo se přiváží v pánvích *q*, uložených otočně na vozících *p*, při vhodných místních poměrech lokomotivou přímo na hoření plošinu, patrnou vlevo na obrazci. Sklopením pánví vylívá se železo do směšovače, jak naznačeno tečkovaně. Jinak nutno pánve s vozíky zvedat na uvedenou plošinu hydraulickými nebo elektrickými jeřáby.

Pro zkujňování odlívá se železo ze směšovače do vyhřáté pánve *s* na vozíku *r*, který stojí na váze, aby bylo odlito stejně pro každý chod, a to nadzvednutím levé půlky směšovače, neboli jeho natočením kolem čepu *e*. Práci tu opatřuje hydraulické zařízení, skládající se z válce *j*, sedícího v rámu *m*, přišroubovaném k základu, a z pístu *k*, jenž nese kladku *l*, která se opírá o rovnou plochu *i* konsoly *g*, přinýtované ke dnu směšovače. Vevedena-li tlaková voda z akumulátoru pod píst *k*, pohybuje se tento nahoru, směšovač jest nakláněn, železo vytéká do pánve *s* a v té se dopravuje do ocelárny. Směšovač musí býti zcela vyprázdněn, je-li jeho vyzdívka ve válcové části poblíže dna vyžrána. Po odlití klesne směšovač nazpět, do původní polohy, vypuštěním tlakové vody z prostoru pod pístem a působením stále napiaté vody v mezikruží mezi válcem *j* a pístem *k*, kam vchází otvorem *o*.

Aby se nemohl značněji natočený směšovač odděliti od pístu a zcela v pravo sklopiti, jest zasazen do konsoly *g* čep, spojený s prodlouženými čepy kladky *l* dvěma plochými, železnými pásy *n*. Poněvadž kladka se pohybuje přímočaře, kdežto čep na konsole v oblouku, musí míti pásy *n*

pro čep podélná probrání. Rozváděcí ústrojí napiaté vody s odlehčenými pístovými šoupátky položeno na takové místo, s kterého lze přehlédnouti plnění i odlívání. Vodní potrubí má malý průměr, aby směšovač klesl jenom zvolna do nakreslené polohy, kdyby prasklo. Pak musí býti do něho vložena mezi ústrojí rozváděcí a hydraulický válec snadno přístupná uzávěrka, má-li býti zabráněno úplnému překlopení a vyprázdnění směšovače, když by rozvod selhal.

Oklopné směšovače se staví na obsah od 150 do 300 *t* sur. železa. Obyčejně užívá se d v o u, nemá-li nastati porucha provozu, je-li třeba oprav na vyzdívce a pod. Bývají umístěny v téže místnosti vedle sebe.

Pohodlněji ovládatelné jsou směšovače o t o č n é, i když mají obsah mnohem větší. Jejich podlouhlá tělesa objímají mocné kruhové pásy z ocelové litiny, ležící na soustavách válečků, které se mohou valiti po soustředných kruhových plochách pevných sedel. Hrdla k vlévání a vylívání železa jsou přinýtována k válcovému plášti směšovače. Má-li se směšovač plniti nebo železo z něho vylívati, natočí se náležitě kolem vodorovné osy buď hydraulicky neb elektricky. Menší, z p l o š t ě l é o t o č n é s m ě š o v a č e (Flachherdmischer), stavěné na obsah 100 až 350 *t*, mají ve spodní polovině průřez kruhový, v horní plochý, kdežto větší, v á l c o v é s m ě š o v a č e (Zylindermischer), na obsah 1400 *t*, ba až 2000 *t*, mají průřez úplně kruhový. Podle dnešních názorů má býti směšovač tak veliký, aby pojal spotřebu železa na 10 hodin, neboli, aby v něm železo nezůstávalo déle než tuto dobu.

Starší směšovače byly prováděny bez topení, t. j. bez ohřívání náplně, která se v nich udrží beze změny až po dobu 12 hodin; novější se vytápějí, aby železo v nich nechladlo. Zvláště výhodné je topení, když ocelárna v neděli nepracuje, nebo když se do směšovače přidává pevného přísadního železa. Topí se buď generátorovým plynem nebo častěji kychtovým a koksovým. Plyn i vzduch vstupují obyčejně jedním z čel tělesa, zplodiny hoření táhnou nad hladinou lázně a odcházejí buď bočním hrdlem nebo častěji druhým čelem. Topení takové jest účinné zejména v plochých směšovačích, v kterých se lázeň dobře prohřeje.

Týž pochod, který se děje ve směšovači, děje se i v p á n v i, kterou se železo k němu dopravuje od vysokých pecí. V pánvi podporují jej ještě otřesy při přejíždění kolejničních spojek. Je-li cesta, kterou pánev koná, dlouhá, může se v ní železo více odsířiti než ve směšovači. Čím více síry sur. železo obsahuje, tím jest odsíření v pánvi větší, jak graficky znázorňuje obr. VIII. na tab. 20.

Celkem lze říci: Má-li sur. železo, přivezené od vysokých pecí 0·1% S, nebo i více, a dostatek Mn, odchází ze směšovače, mohlo-li v něm dosti dlouho státi, do ocelárny s 0·05—0·06% S, kde možno z něho získati pochodem Thomasovým zkujněný materiál, obsahující pouze 0·02—0·03% této přimíšeniny.

b. Pochody konvertorové, Bessemerův a Thomasův.

Přísluší diagr. č. 13—16 a tab. 20—22.

Provádějí se v h r u š c e B e s s e m e r o v ě neboli k o n v e r t o r u, která jest až na nepatrné odchylky pro oba pochody stejná, lišíc se jen chemickou podstatou svého vyložení. Konvertor, nakreslený na diagramech č. 13. i č. 14. a naznačený schematicky na tab. 21., na zkujňování náplní po 15 *t*, jest konvertorem k thomasování.

Konvertor tvoří nádoba *A*, snýtovaná, nejnověji i svařená z plechů až 25 *mm* silných, uprostřed válcová, zužující se jak ke dnu tak i k ústí a vyložená ohnivzdorně. Ji objímá kroužek *D*, vybíhající v čepy, kolem nichž se může otáčeti. Kroužek *D* prováděn byl dříve z více litinových dílů, spolu sešroubovaných, jak patrno na obr. II., diagr. č. 13., na němž složen ze čtyř částí, kdežto dnes se hotoví z ocelové litiny v celku o váze 15—25 *t*, nebo nanejvýše s čepy zvláště zasazenými. S nádobou *A* je spojen patkami *L* a pojistnými třmeny *K*. Čepy *E* a *F* spočívají v ložiskách *G*, která leží buď na nosnících *H*, podepřených litinovými stojany *J*, nebo na zděných pilířích. Jelikož musí býti do konvertoru veváděn vzduch od dmychadla, ať má polohu jakoukoli, může se tak díti jedině čepem. Proto je čep *E* dutý, a vchází do něho s jedné strany pevné, nehybné potrubí od dmychadla, končící kolenem *O*, utěsněným ucpávkou, která dovoluje natáčení konvertoru, kdežto na druhé straně sprostředkuje další spojení čepu se vzdušní komorou *B*, umístěnou na spodku konvertoru, potrubí *P*.



Z komory *B* dostává se vzduch vzhůru do železa, když konvertor stojí, řadou kanálků ve dně *C*. Poněvadž dno toto nejvíce trpí — staneť se, že jeho výměna je nutna již po dvou, ano i po jediném chodu — musí býti provedeno jako samostatná část, kterou lze snadno a rychle vyměniti. Způsobů jeho úpravy jest více; na diagramech č. 13. a č. 14. jsou naznačeny dva. Při prvém (obrazy I. těchže diagr.), obvyklém u konvertorů Thomasových, vkládá se dno *C* komorou *B*, ulitou z oceli a přichycenou k plechovému plášti konvertoru svorníky *k* a klíny. Den *C* musí býti vždy několik v zásobě. Skládají se z dírkované, litinové desky *a*, a z vyložení *C*, jímž procházejí kanálky v pokračování dírek desky. Vyložení den hotoví se přímo na deskách *a*. Spodek vzdušní komory *B* uzavírá plechové, as 12 *mm* silné víko *d*, spojené s přírubou komory také svorníky a klíny, jež připouštějí rychlejší uvolnění než šrouby.

Má-li býti poškozené dno *C* vyměněno, odstraní se s konvertoru, obráceného dnem tím vzhůru, víko *d*, vyšroubuje prostřední výztužný svorník, vyrazí až na troje všechny klíny *c* a vytáhnou uvolněné, hranolovité, železné špalíky *b*, zastrčené do komůrek *r* (obr. XI., tab. 20.), vylitých ve válcovém plášti komory *B*, jichž bývá 6—8, načež se uvolní deska *a* od vyložení *C* silnými rázy. Po provedení těchto prací otočí se konvertor o 180^0 do polohy stojmé (obr. I., diagr. č. 14.), podsune pod něj vozík, pojíždějící na kolejnicích, na němž jest zařízení, skládající se z hydrau-

lického válce, uloženého pevně v rámu vozíku, pak z pístu, nesoucího kruhovou desku tvaru stolu, jež má menší průměr, nežli jest průměr desky *a* a než je světlost komory *B*, a z ruční tlakové pumpičky. Vtlačována-li voda pumpičkou do hydraulického válce, zvedá se stolová deska až dolehne na desku *a* dna *C*, a toto nadlehčí. Nyní lze vyraziti zbývající troje klíny *c*, zasunouti otočením o 90° příslušné špalíky *b* do komůrek (obr. XI., tab. 20.), a spustiti desku *a* vypuštěním tlakové vody z hydraulického válce. Když byla deska se stolu sňata, vytlučeno vyložení dna *C*, položeno na vozík nové dno, lze opačnou manipulací, než jaká byla popsána, toto zvednout a uklínovat. Zbylá spára mezi dnem a plášťovým vyložením utěsní se touže hmotou, z jaké bylo provedeno vyložení dna, nahazovanou a spěchovanou shora. Kromě pojezdného hydraulického zařízení užívá se též stabilního, zapuštěného do půdy pod konvertorem.

Druhý způsob, zavedený Američanem Holleym, obvyklejší u konvertorů Bessemerových, je patrný z obr. II., diagr. č. 14. Dno *V* jest vypěchováno přímo na vzdušní komoře *Z*, která musí býti tedy vyměňována zároveň. Spára mezi tělesem *A* a vsunutým dnem *V* utěsní se se zevnějšku, na konvertoru obráceném dnem vzhůru. Aby byla učiněna spára ta přístupnou, není příruba, jíž procházejí svorníky *o*, kruhová, nýbrž vlnitá.

Ústrojí k otáčení konvertoru se skládá z ocelového pastorku *U*, naklínovaného na prodloužený čep *F*, a z ocelové ozubené tyče *S*, kterou udržuje v záběru kladka *i*, o ni se opírající (obr. I., diagr. č. 14.). Ozubení je šípové. Tyč *S* spojena dole s tyčí pístu *R* hydraulického válce *Q*, který, spočívaje na základním rámu, bývá zapuštěn do půdy. Do spodu válce *Q* vede kanál *g*, prolitý ve víku *f*, nahoru kanál *h*. Podle toho, do kterého z obou kanálů vpuštěna tlaková voda od akumulátoru, pohybuje se píst *R* s tyčí *S* vzhůru nebo dolů, a konvertor jest buď sklápěn, nebo stavěn. Hydraulický válec musí býti tak dlouhý, aby dovoloval otočení konvertoru alespoň o 270°, kterého pohybu je třeba, má-li býti plněn, vyprazdňován a vyspravován.

Kromě hydraulického ústrojí k ovládání konvertoru užívá se též mechanického; toto poslední mají domácí huti. Pak naklínováno na prodloužený čep *F* místo pastorku *U* veliké šroubové kolo *S* (obr. IX., tab. 20.), do kterého zabírá šroub *s*, jehož hřídelem otáčí dvojčitý reversní parní stroj s klikami natočenými proti sobě o 90°. Tato úprava dovoluje libovolné otočení konvertoru i několikráte kolem.

Ústí, jímž konvertor se plní i vyprazdňuje, a jímž unikají kromě dusíku i plynné zplodiny oxydace, neleží v ose nádoby, nýbrž excentricky, aby nebylo vyházeno příliš mnoho železa za pochodu, jehož průběh je bouřlivý, eruptivní a pak, aby se obdržel ve sklopeném prostor, do něhož by se vešla celá náplň. Na druhé straně nesmí býti zúžení tak veliké, aby znemožnilo prohlédnutí dna sklopeného konvertoru, jakáž prohlídka má býti vykonána po každém chodu.

Bessemerův konvertor vyložen jest kysele, t. j. materiálem, obsahujícím kysličník křemičitý (SiO_2). Takový se získává z rozemletého křemene, nebo pískovce, přimíšením malého množství (1½—2%) vazné hlíny, nebo vápna. Stěny pláště mívají tloušťku 200 až 300 *mm*, dno 550—650 *mm*.

Thomasův konvertor má vyložení zásadité, z páleného dolomitu nebo páleného vápna. Jeho tloušťka ve stěnách bývá 350—500 *mm*, ve dně 600—900 *mm*. Materiál tento se obdržuje z rozdrobeného surového dolomitu, směsi to uhličitanu vápenatého a hořečnatého, jenž se pálí ve válcových šachtových pecích, podobných belgickým vápenkám nebo válcovým pecím pražicím, čímž se z něho odstraní kysličník uhličitý, načež se drtí v kolových mlýncích na takové kousky, aby prošly sítem s očky 6—10 *mm* ve světlosti. Pak se mísí v mísidlech s topeným pláštěm se 7—10% bezvodého dehtu.

V Králově Dvoře u Berouna, kde mají výtečný tetínský vápenec, hotoví zásadité vyložení konvertoru také z páleného vápna, jež jest lacinější než dolomitové, ale méně trvanlivé. Postupují takto: Vápenec rozemílají v kulových mlýncích na jemnou moučku, z níž lisují po vhodném navlhčení cihly, které pálí. Vypálené rozdrcují v kolových mlýncích na tutéž velikost jako pálený dolomit, načež mísí drobné vápno taktéž s bezvodým dehtem na tvárnou hmotu, z níž pěchují stěny i dna konvertorů. Hmota na stěny musí býti tak vazná, aby vznikla z ní smáčknutím soudržná hrouda. Hmota na dna jest mastnější, obsahujíc více dehtu; úplně tekutou se zalívají spáry mezi dnem a vyložením.

Vyložení pláště lze provésti z obou druhů hmoty, jak z kyselé, tak zásadité, buď pěchováním nebo vyzděním. Má-li býti vyzděno, kterým způsobem se hotoví pláště konvertorů častěji než pěchováním, neboť lépe drží, třeba vyrobiti z připravené hmoty především cihly. Kyselé, tak zvané dinasové, hotoví se podobně jako cihly šamotové, načež se suší a vypalují. Vyzdívku z nich provedenou třeba jen vysušit. Cihly zásadité se lisují v hydraulických lisech tlaky 300 až 400 *kg* na 1 cm^2. Z vylisovaných, tedy ze surových, zdí se přímo. Hotovou vyzdívku nutno pak vypáliti v konvertoru.

Vyzdění nevyžaduje zvláštních pomůcek, jelikož cihlám byla dána nejen potřebná velikost, ale obdržely i žádoucí radiální tvar. Má-li však býti vyložení zhotoveno pěchováním, třeba k pomoci rozebíratelného bednění na vytvoření vnitřního profilu konvertoru. Toto se skládá z plechových kroužků N_1, N_2, N_3, atd. (obr. VII., tab. 20.), různě vysokých, složených z důvodů snadné rozebíratelnosti obyčejně ze tří velkých a jednoho malého segmentu (obr. X. téže tab.), opatřených dovnitř obrácenými přírubami, kterými lze sešroubovati jednotlivé segmenty v kroužky a tyto v souvislé vnitřní bednění.

Pěchovati se počíná v postaveném konvertoru od spodu, když vznikla vložením a sešroubováním as dvou kroužků, mezi těmito a zevnějším

pláštěm konvertoru prostora, do které se nahazuje hmota, již pěchují dělníci v prostoru tom pomalu za sebou kolem do kola postupující, ručními nebo pneumatickými pěchovačkami, místo vedle místa; zásaditá hmota bývá dusána pěchovačkami ohřátými. Když dospěli až nahoru, rozeberou bednění, načež kyselé vyložení napřed vysuší, pak vypálí, aby se slilo v celek, kdežto zásadité hned vypálí, aby unikly z něho plynné součásti dehtu a koksovitý, uhlíkem bohatý zbytek vázal pevně jednotlivé dolomitové nebo vápenné kousky. Zcela novým vyložením bývá konvertor opatřován jen v delších mezidobích. Častěji doplňuje se vyložení na původní tloušťku. Postup práce je zcela stejný; pěchuje se prostor mezi zbylým osekaným vyložením a bedněním. Ještě častěji se spravují po skončených pochodech více vyžraná místa vyložení i den nanesením mastné hmoty lopatkou na dlouhé násadě, nebo i jejím nahozením; přiložená hmota spojí se hned se žhavým okolím v pevný celek.

Dna hotoví se naproti tomu skoro vždy pěchováním. Mívají podle velikosti konvertorů 1·5—2·1 *m* v průměru. Vzdušní kanálky bývají v nich uspořádány dvěma způsoby. Starším, obvyklým u konvertorů Bessemerových, jenž nerozděluje vzduchu tak pravidelně, záležejícím v tom, že 7—12 dírek, 15—20 *mm* ve světlosti, je soustředěno ve zvláštních, slabě kuželových vložkách *M* (obr. IV. a V., tab. 21.), též formách zvaných, vsazených do dna. Vložek takových bývá 13—21 a jsou ze šamotu, je-li vyložení kyselé, nebo z magnesitu při vyložení zásaditém. Vložky zastrkují se do dna buď hned při jeho pěchování (obr. IV., tab. 21.), nebo až po jeho zhotovení (obr. V., téže tab.).

Podle druhého, novějšího způsobu uspořádání dírek ve dnech konvertorových, obvyklého u konvertorů Thomasových, nakresleného na diagramech č. 13. a 14., rozloženy jsou kanálky světlosti 10—18 *mm*, jichž bývá 80—300, pravidelně po celém dně, při čemž jsou vytvořeny přímo v jeho hmotě.

V obou případech pěchuje se dno v litinovém, kuželovém rámu *R* (obr. VI., tab. 21.), děleném axiálně, na desce *a* (obr. I. diagr. č. 14.). Práce provádí se buď ručně nebo strojně, při čemž se dírky vytvořují železnými jehlami. Při ručním pěchování prostrčily se jehly deskou *a* (obr. VI., tab. 21.) až jejich kuželové hlavy zapadly do příslušných prohlubenin, načež se položila deska na dřevěnou podložku, na ni rám *R*, spojil a natřel uvnitř mastnotou; pro hlavy spojujících svorníků jsou v dřevěné podložce probrání. Do rámu nahazovaná hmota pěchuje se ve vrstvách. Místa kolem jehel se utužují pěchovačkami s otvory, aby mohly býti na jehly navléknuty (obr. VII., tab. 21.); ostatní pěchovačky jsou plné, normální. Při mechanickém pěchování, jež bývá prováděno obyčejně strojem Versenovým, jsou jehly zasazeny do zvláštního, společného rámu, procházejí ze spodu deskou *a*, obdržují axiální pohyb vzhůru v poměru, v jakém postupuje pěchování, až proniknou konečně celým dnem. Pak se jehly vytahají, ať pěchováno bylo ručně nebo strojně, a na jejich

místa narážejí dřevěné kolíky, které mají zabránit ucpání a zalití dírek za následujícího vypalování dna, jež trvá as 36 hodin. Po vypálení třeba vyvrtati z kanálků zuhelnatělé dřevo. Takto zhotovená dna vkládají se do konvertoru způsobem, v předu popsaným. Na průřezu kanálků, jenž bývá 15—20 cm^2 na 1 *t* lázně, závisí doba trvání pochodu.

Dna s kanálky soustředěnými ve vložkách, hotoví se tím způsobem, že se rozloží na desku *a* buď dřevěné modely vložek — když se tyto vkládají do den až po jejich zhotovení — nebo vložky samy, a zbylý prostor vypěchuje ručními nebo pneumatickými pěchovačkami.

Vnitřní obsah konvertoru musí býti mnohem větší než obsah vlité lázně, nemá-li býti značných ztrát kovu výhozem. Proto bývá kubický obsah konvertoru tak vyměřen, že připadá na 1 *t* surového železa při kyselém pochodu 1—1·1 m^3 vnitřního prostoru, a při zásaditém 1·2 až 1·5 m^3, jelikož při tomto vzniká více strusky. Konvertory staví se na náplně až 30 *t*, nejčastěji však na 15, 20 a 25 *t*; naše huti mají konvertory 15tunové.

Má-li býti konvertor plněn, skloní se do polohy naznačené tečkováním na diagr. č. 14., do jeho ústí vloží žlábek, přizpůsobený místním poměrům, a vlije do něho železo, přivezené v pánvi od směšovače nebo od vysoké peci. Bylo-li třeba je přetavovati, což se dělo v kuplovnách (obr. I., tab. 22.), umístěných nad konvertory, vevede se taktéž žlábkem *a*, ohnivzdorně vyloženým, nebo i žlábky několika. Veškerý obsah železa musí se vejíti do sklopeného konvertoru tak, aby jeho hladina nedosáhla k nejnižší dírce ve dně.

Výška kovu v postavených konvertorech bývá nyní v evropských hutích průměrně 700 *mm*, v amerických méně.

α. *Pochod Bessemerův neboli kyselý.*

Zchladl-li konvertor za větších oprav, musí býti před počátím chodu ohřát do červeného žáru dřevěným uhlím a koksem; zvláštního ohřevu není třeba, když byl nedávno v činnosti.

Má-li pochod počíti, vlije se do sklopeného konvertoru surové železo, které má míti křemíku 0·6—2%, manganu 0·5—2%, fosforu nejvýše 0·1%, síry nanejvýš 0·05%; uhlíku mívá 3·5—4%. Zpracuje se tedy bessemerováním šedé surové železo. Jelikož bylo vytaveno při vysoké teplotě s velmi zásaditou struskou, mívá větší obsah C než železo k thomasování a při správném chodu peci toliko málo S; větší obsah této součásti než uvedený maximální není přípustný, poněvadž se S pochodem nespaluje.

Jakmile náplň vtekla, a odstraněn byl žlábek, uvedou se dmychadla v činnost. Když stouplo napětí vzduchu, vyfukovaného dosud volně ústím, v našich závodech as na 1·5 — při velikých konvertorech až na 2·5 *at* — tím, že je součet průřezů dírek ve dně menší než průřez přívodného po-

trubí, konvertor se postaví do polohy stojmé, kreslené plně na obr. I., diagr. č. 14. Vháněný, dostatečně napiatý vzduch udržuje železo v rovnováze, nedovoluje mu zatéci do kanálků, prochází jím, působě oxydačně. Jeho kyslík počne hned spalovati křemík a mangan, kdežto jeho dusík uniká nečinně. Vytvořené oxydy, kysličník křemičitý (SiO_2), kysličník manganatý (MnO) a částečně i kysličník železnatý (FeO), taktéž vznikající, přecházejí do strusky. Spalování uhlíku, jsouc závislé na teplotě lázně, počíná buď současně nebo až později.

K zevnějšímu průběhu pochodu možno uvésti: S počátku lítají z ústí konvertoru jen jiskry a jest slyšeti intensivní hluk, pocházející od vzduchu, protlačovaného lázní. Když teplota této stoupla zmíněnou oxydací křemíku a manganu o několik set stupňů Celsia*), počne čilé okysličování uhlíku na kysličník uhelnatý (CO), který se při výstupu z konvertoru spojuje s kyslíkem okolního vzduchu a shořuje na CO_2 bílým plamenem, jehož svítivosti, teploty, jakož i délky postupně přibývá. Mocné vyvíjení kysličníku uhelnatého zvyšuje v konvertoru bouřlivý hukot, ústím jest vyhazována častěji a častěji struska, jakož i železo. Je-li výhoz příliš prudký, zmírní se rychlost dmychadla. Pak začíná bílé plameny prostupovat víc a více hnědý dým, vznikající hlavně z oxydů železa a manganu. Je-li uhlík skoro spálen, plameny se krátí, hnědého dýmu však přibývá, jelikož nyní, když shořely všechny součásti železa, jest samo vystaveno více účinkům okysličujícím.

Ukončení pochodu, t. j. spálení všech součástí, ale zejména uhlíku, pozná mistr, jenž pochod řídí, podle zbarvení plamenů nebo také spektroskopem, kterým je pozoruje. Vyskytne se totiž, když počne shořovati uhlík, ve spektru více skupin svítivých, žlutých, červených a zelených čar, které mizejí v obráceném pořádku, než v jakém se objevovaly. Podle jejich polohy a počtu se usuzuje, jak pochod daleko pokročil. Pro cvičené oko je též neklamným znamením konce pochodu uhasnutí plamene, neboť dohořel-li C, uniká z ústí konvertoru pouze N; dalším dmycháním spalovalo by se železo. Soudí-li mistr, že C byl dostatečně spálen, sklopí

*) Spálením	1 *kg*	Si	na	SiO_2	vyvine	se	7830	kalorií	tepla.
„	1 „	P	„	P_2O_5	„	„	5965	„	„
„	1 „	C	„	CO	„	„	2473	„	„
„	1 „	S	„	SO_2	„	„	2220	„	„
„	1 „	Mn	„	MnO	„	„	1730	„	„
„	1 „	Fe	„	FeO	„	„	1352	„	„
„	1 „	CO	„	CO_2	„	„	2400	„	„
„	1 „	C	„	CO_2	„	„	8080	„	„

Z dat těchto lze vypočísti při známých specifických teplech železa, ostatních prvků i vzniklých oxydů, že stoupne teplota lázně, na př. 1200° C horké, obsahující 4% C a 1% Si, spálením tohoto 1% Si o 345° Celsia. Analogicky počítáno, stoupne teplota lázně spálením 1% P o 212°, oxydací 1% Mn o 73° a oxydací 1% C o 25°. Zvýšení teploty lázně bude tím menší, čím vyšší jest její počáteční teplota, jelikož s touto stoupá specifické teplo železa.

konvertor, dmychání přeruší a bere zkoušku. K té ponoří železnou tyč na několik vteřin do lázně a po vynětí ochladí ve vodě. Podle barvy strusky, uvízlé na tyči, usuzuje na stav oduhličení. Čím více je totiž C spálen, tím více se železo okysličuje a tím více kysličníku železnatého bude ve strusce, která je pak černá, bublinatá, kdežto jinak má barvu olivově až šedě zelenou. Pak zplošťuje také zrnka železa, uvízlá na tyči zároveň se struskou, kladivem na kovadlině. Je-li lázeň náležitě oduhličena, lze práci tu provésti snadno, aniž by vznikalo mnoho trhlin na okrajích zploštěných kotoučků

Pochod mohl by býti zastaven právě v okamžiku, kdy lázeň má ještě tolik uhlíku, kolik ho potřebuje, aby zkujněné železo mělo žádoucí tvrdost. Obyčejně se však pochod vede až *do konce*, t. j. spálí se všechny součásti až na nepatrné stopy, načež se *lázni dodá potřebné množství uhlíku vhodnými přísadami*.

Za pochodu bylo okysličováno částečně i železo na FeO, který je rozpustný v lázni a škodlivý, neboť činí železo lámavým za tepla jako síra; proto musí býti *rozložen*, což se provádí tak zv. *odkysličením* neboli *desoxydací* lázně. Úlohu tu vykonává *ferromangan*, jenž se vhazuje do konvertoru buď žhavý nebo nejnověji vlévá roztavený v elektrické peci nebo v peci vytápěné dehtovým olejem; v některých hutích po jeho přidání ještě kratičko dmychají, aby se s lázní dokonale promísil. Roztavený ferromangan bývá také někdy pouštěn přímo do *slévací pánve* za současného vylívání lázně z konvertoru. Ať byl přidán kterýmkoli z uvedených způsobů, spojuje se jeho Mn s O kysličníku železnatého na MnO, který vyplove do strusky a železo kysličníku uvolňuje. Ferromanganem *dodán byl lázni zároveň i uhlík*; přidává se tedy tato pomocná látka z dvojího důvodu.

Má-li býti vyroben zcela měkký plávkový materiál, přidá se lázni vypočítané a odvážené množství vysokoprocentního ferromanganu (s 80% Mn); má-li býti vyroben materiál tvrdší, přidá se ferromanganu 60procentního. Když jde o materiál ještě tvrdší (nad 0·25% C), a nemá býti zvětšen přespříliš jeho obsah manganu, odkysličuje se místo ferromanganem *železem zrcádkovým*, které bylo roztaveno v malé kuplovně a pustilo se do slévací pánve zároveň s lázní; může mu býti přidáno i něco surového železa se 4—5% Si, 3—4% Mn a pod 0·1% P. Posléze možno lázni dodati uhlíku, aniž by byl zvyšován zároveň její obsah manganu. Děje se tak podle *Darbyho* rozmělněným dřevěným uhlím nebo koksem bez síry nebo i antracitem. Buď zhotoví se z látek těchto po přidání vápna cihly, které se ponoří do lázně v konvertoru, nebo se vsypou ve stavu práškovitém do slévací pánve před vlitím obsahu konvertoru, jenž musel býti ovšem odkysličen ferromanganem. Tímto způsobem dostává se nejtvrdší materiál, tedy ocel, as do 0·6% C.

Nejlepši obraz o pochodu v konvertoru poskytuje jeho *grafické znázornění*. Na diagr. č. 15. jsou nakresleny tři různé průběhy.

Obdržely se na základě analys materiálu, braného z konvertoru v určitých intervalech, nanesením dob na osu úseček a nalezených procent přimíšenin na pořadnice. Spojením průsečíků vzniknou čáry, jež ukazují, jak ubývalo jednotlivých součástí surového železa za pochodu. Získaný obraz nemůže býti zcela přesný, jelikož při pochodu tvoří železo se struskou energickým vzdušním promícháváním dokonalou směs, emulsi, kdežto ke vzetí zkoušky třeba konvertor sklopiti a dmychání zaraziti, v kterémž stavu se struska rychle uvolní a vyplove na povrch lázně.

Postup okysličování závisí značně na počáteční teplotě lázně. Vysoká podporuje celkem oxydaci všech součástí. Uhlík může shořovati ve větším rozsahu teprve při vyšší teplotě než 1400° C, kdežto křemík, mangan, fosfor i železo se okysličují již za teplot nižších.

P r v ý p ř í p a d. (Levý obraz.) Surové železo, pochodu podrobené, mělo značně křemíku, nepatrné množství manganu a 0·07% fosforu; jelikož počáteční teplota lázně byla nízká, shořoval nejdříve jenom křemík a mangan. Tím ubývalo součástí, i něco železa shořelo, kdežto množství uhlíku zůstalo nezměněno; stouplo tedy jeho percentuální množství i čára je značící. Teprve, když byla zvýšena teplota lázně spálením uvedených součástí, nastala jeho rychlá oxydace. Fosfor prošel pochodem netknut; jeho množství nebylo sníženo! Pochod trval do přidání lupínkového železa 18 minut.

D r u h ý p ř í p a d. (Prostřední obraz.) Surové železo s něco nižším obsahem křemíku a s velkým množstvím manganu. Počáteční teplota vysoká. Proto shořoval uhlík hned od počátku, ke konci ještě rychleji než Si a Mn, kterýchž látek zůstalo značně ve výrobku. Obsah křemíku klesl po přídavku lupínkového železa, jelikož bylo ještě as 40 vteřin dmycháno. Pochod trval 18 minut.

T ř e t í p ř í p a d. (Pravý obraz.) V surovém železe celkem málo přimíšenin, i křemíku. Byla tedy nezbytně jeho počáteční teplota vysoká. Pochod velmi rychlý, vyžadující pouze 8 minut času. Uhlík shořoval hned od počátku. —

Když byla lázeň v konvertoru odkysličena a má potřebné množství uhlíku, vylije se do p á n v e, vyhřáté a tak veliké, aby pojala celý obsah konvertoru. Pánev ta je n a j e ř á b u, buď otočném nebo nověji pojezdném.

Celý pochod od počátku dmychání ač k odkysličení a k dodání uhlíku trvá 8—18 minut. Doba ta závisí na množství součástí železa, na množství vzduchu, vháněného do železa v jednotce času a na jeho více méně dokonalém rozdělení. Bylo-li třeba k pohonu dmychadel pro původní konvertory s obsahem 2·5—3 *t* asi 100 HP, vyžadují nyní konvertory 30tunové výkonu přes 3000 HP. — Opal, t. j. ztráta v konvertoru dělá 8—12% váhy surového železa.

S t r u s k a mívá 47—56% SiO_2, 6—18% FeO, 22—40% MnO, 2—4% Al_2O_3 a 0·4—2·5% CaO + MgO. Má-li hodně kysličníku manganatého, zaváží se do vysoké peci; jinak nemá ceny.

Příklady a n a l y s v ý r o b k ů z Bessemerova materiálu uvedeny jsou na číselné tabulce 9.

Číselná tabulka 9.

V ý r o b k y	C%	Si%	Mn%	P%	S%
Železo stavební . .	0·10—0·12	0·08—0·10	0·25—0·30	0·06—0·08	0·05—0·06
Měkké plechy . .	0·10—0·20	0·08—0·15	0·40—0·50	0·06—0·08	0·05—0·06
Tvrdé plechy . . .	0·50—0·60	0·30—0·50	0·60—0·80	0·06—0·08	0·05—0·06
Drát	0·35—0·45	0·25—0·35	0·50—0·60	0·06—0·08	0·05—0·06
Kolejnice	0·50—0·60	0·30—0·40	0·70—0·80	0·06—0·08	0·05—0·06
Vzpružiny	0·40—0·45	0·30—0·60	0·50—0·80	0·06—0·08	0·05—0·06

β. *Pochod Thomasův nebo zásaditý.*

Proč nebyl okysličen fosfor pochodem Bessemerovým? Příčina leží v kyselé vyzdívce konvertoru. Má-li býti fosfor ze železa vyloučen, je třeba zásadité strusky, aby vázala kysličník fosforečný, na který fosfor shořuje. Zásaditá struska by však vyžírala kyselé vyložení, a přítomnost značného množství kysličníku křemičitého by rušila spojení kysličníku fosforečného se zásaditým vápnem; kysličník fosforečný by byl uvolněn, a fosfor, vzniklý z něho redukcí, vcházel by znovu do železa.

Už v letech 60tých minulého století poukazovali na př. T u n n e r, Z e n g e r a j., na nutnost zásaditého vyložení konvertoru, má-li býti fosfor vyloučen; než nebyl nalezen k tomu potřebný, dostatek pevný a ohnivzdorný materiál, vhodného složení. Teprve roku 1878 rozluštili tuto úlohu Angličani S i d n e y G. T h o m a s a P e r c y C. G i l c h r i s t, uživše k vyložení konvertoru p á l e n é h o d o l o m i t u.

V konvertoru takto opatřeném může býti vytvořena přidáním vápna tak mocně zásaditá struska, že pojme všechen kysličník fosforečný, na nějž fosfor shořel, aniž by působila na vyzdívku, taktéž zásaditou.

Má-li pochod počíti, nahází se do vyhřátého nebo od předcházejícího pochodu rozžhaveného konvertoru 12—18% páleného vápna, počítaných na váhu surového železa. Množství to jest závislé na obsahu křemíku a fosforu v železe, které má býti zkujněno.

Surové železo, hodící se k thomasování, mívá toto složení: křemíku 0·2—0·8%, manganu 0·8—2%, fosforu 1·7—2·5%, síry 0·06—0·12%, uhlíku 3—3·5%. Křemíku nesmí obsahovati mnoho — je tedy bílé — poněvadž bylo by zásadité vyložení vznikajícím kysličníkem křemičitým

velmi vyžíráno. Čím vyšší jest jeho obsah, tím více vápna musí býti přidáno, čímž stoupá také množství strusky, která práci znesnadňuje. Kromě toho stává se struska méně zásaditou a zdržuje oxydaci fosforu, poněvadž kysličník křemičitý vytlačuje fosforečný z jeho sloučenin; fosfor vracel by se do železa, jak bylo již uvedeno.

Jelikož surové železo smí obsahovati jen málo křemíku, nemůže býti jeho spálením vyvinuta na počátku pochodu vysoká teplota, jako tomu bylo u pochodu kyselého. Při zásaditém pochodu přejímá na sebe úlohu paliva f o s f o r. Z tohoto důvodu nemůže ho býti v surovém železe při udaném množství křemíku méně než 1·7%, aby lázeň neztuhla nedostatkem tepla. Poněvadž fosfor shořuje, jak bude seznáno, hlavně až na konci pochodu, obdrží lázeň právě tehdy nejvyšší teplotu, kdy jí žádá vznikající, tíže tavitelný, zkujněný materiál. Kromě fosforu je palivem ovšem i křemík, jehož obsah má odpovídati nejvyšší mezi, je-li obsah fosforu nejmenší a naopak. Další výhodou zásaditého pochodu jest, že zpracuje se jím l a c i n ě j š í bílé surové železo, a že jest vznikající struska c e n n ý m vedlejším výrobkem. Železo k thomasování, vytavené při nižší teplotě než železo k bessemerování, mívá větší obsah síry, který musí býti ve směšovači snížen alespoň na 0·06%, má-li býti vyrobeno zkujněné železo s obsahem síry, který by nepřekročoval 0·03%.

Je-li v konvertoru náležitě vápna, doplňují někde, jako na př. v Králově Dvoře, váhu surového železa, přivezeného od vysokých pecí, když bylo na cestě zváženo, na normální náplň při malé odchylce pevnými odpadky z předcházejících pochodů, při větší i pevným surovým železem; doplňky tyto vhazují do prázdného konvertoru. Je-li směšovač k disposici, možno přivézti vždy stejně. Současně s pánví byl dodán mistru, jenž řídí pochod v ocelárně, i vzorek surového železa, vzatý z výtokového žlábku u vysoké peci, podle jehož lomu poznává chemické složení přivezeného materiálu a usuzuje, jak mu bude třeba postupovati. Zmíněné vzorky mají zase tehdy větší význam, když není směšovače. Je-li železo dosti teplé, může státi v pánvi i několik hodin a také jen tehdy snese zmíněné pevné doplňky váhy.

Po provedených přípravných pracích vlije se obsah pánve do konvertoru, dmychadla se uvedou v činnost, konvertor postaví. Po celý pochod dmychá se stejným tlakem, který při 15tunovém konvertoru jest as 1·5 *at*.

S počátku lítají z ústí konvertoru zase jen jiskry. Pak vyskytnou se při ústí, po stranách proudu jiskrového, málo svítivé modravé plaménky, které p o u z e prozrazují, že hoří křemík. Jeho okysličování trvá kratší dobu než u pochodu kyselého, poněvadž jest ho málo. Spalování manganu pokračuje vlivem zásadité strusky volněji. K modravým plaménkům přistupují postupně žluté, naznačující, že počíná shořovati uhlík; žlutě jsou zabarveny strženým vápnem. Pak mizí ponenáhlu žlutá barva plamenů, měníc se stoupající teplotou v bělejší a bělejší, až bílé plameny zaujmou

celé ústí konvertoru, dosáhnou délky 6—8 *m* a teploty až 1500° z počáteční kolem 1050°; hoří intensivně uhlík. Zároveň stoupal stále hukot v konvertoru. Po 10—12 minutách počnou se bílé plameny krátit, hukot ustává, spálen skoro veškerý uhlík. Nyní nastává t. zv. p ř e c h o d n ý neboli k r i t i c k ý m o m e n t, od kterého počíná teprve č i l á oxydace fosforu. Moment ten prozrazován jest i tím, že se objeví na koncích zkrácených plamenů týž hnědý dým jako u pochodu kyselého.

Od přechodního momentu, do kterého se fosfor spaloval buď zcela nepatrně nebo mocněji, což závisí na teplotě a větší nebo menší tekutosti přidaného vápna, dmychá se podle množství fosforu zbylého v železe ještě 3—5 minut. Pravý okamžik, kdy má býti pochod přerušen, poznává mistr buď podle průhlednosti dýmu nebo určuje uvedený čas hodinkami nebo odčítá na počítadle otáčky dmychacího stroje, jimiž měřeno množství prohnaného vzduchu. Spektroskopu užíti nelze, jelikož by ničeho neukazoval, když všechen uhlík jest již spálen. Z předchozího vysvítá veliká výhoda směšovače, umožňujícího, aby náplně měly nejen stejnou váhu, ale i stejné složení, touž teplotu a tedy i shodné průběhy pochodu zkujňovacího. V posledních letech zkráceno bylo dmychání od přechodního momentu silnějšími dmychadly, jež uspíšily spalování fosforu hned od počátku, až na 1·5 ano i na 1 minutu.

Fosfor oxyduje na kysličník fosforečný, jenž se spojuje s vápnem, je-li ho dostatek, na fosforečnan vápenatý, přecházející do strusky. Vzniklé fosfáty mohou však býti rozloženy uhlíkem železa, jakmile teplota lázně dostoupí jeho teploty spalovací. Z toho zřejmo, proč může nastati mocná oxydace fosforu teprve, když byl veškerý uhlík spálen, a proč musí býti struska odlita, než se přistoupí k odkysličení lázně. Veliký obsah fosforu nepůsobí příznivě, poněvadž dmychání trvá déle, teplota velmi stoupá, a nastává intensivní spalování železa, prozrazující se hnědým dýmem, vyvinovaným ve velikém množství. Ke konci pochodu dostupuje teplota lázně výše 1580—1640°.

Soudí-li mistr, že fosfor jest skoro spálen, sklopí konvertor, dmychání zarazí a vezme zkoušku, aby nabyl bezpečného poznatku o pokročilosti pochodu. Stane se to lžicí na dlouhé rukojeti, jíž nabere se z konvertoru něco železa, vlije do litinové formičky, z té po ochlazení a ztuhnutí vyrazí a hodí kováři k vykování. Ten vykove zkoušku bucharem v plochý kotouč 10—15 *mm* silný, zakalí, nasekne a přerazí. Podle lomu soudí pak mistr, zda je fosfor již dostatečně odstraněn či ne. Je-li pochod ukončen, totiž fosfor spálen až na sledy, jest lom jemnozrnný, stejnoměrný, hladkých okrajů. Když se ukáže lom lupenatý, nestejnoměrný, není fosfor dostatečně odstraněn. Konvertor zatím leží; čekalo se na výsledek zkoušky. Není-li příznivý, počne se znovu dmychat a konvertor postaví na $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ minuty. Pak se sklopí znovu a vezme zase zkouška. Někdy stačí jedna, obyčejně jsou potřebny dvě, někdy až i tři zkoušky. Dlouhé dodatečné dmychání jest velmi škodlivé. Opal nápadně stoupá, mnoho kyslíku vniká

10*

do lázně a železa ve strusce rychle přibývá; nemá ho v ní býti přes 12—13%. Úhrnná doba dmychání na 1 *t* vyrobeného materiálu jest as $^{3}/_{4}$—1 minuta.

Po dobrém výsledku zkoušky odlije se struska s povrchu lázně, než může býti přidán ferromangan k odkysličení, aby jeho uhlík neuvolnil fosfor ve strusce, a týž nepřešel zase do železa. Proto podsune se pod konvertor s t r u s k o v ý v o z í k, do něhož se slije struska za opatrného sklápění konvertoru. Železnou tyčí, pohybovanou v odtékajícím proudu strusky se pozná, zda neteče také železo, jelikož nárazem tyče jiskří. Nastane-li tento úkaz, ústí konvertoru se nadzvedne, a zbytek strusky srazí v pevný škraloup nahozením práškovitého vápna. Nyní lze přidati bez obtíží odvážené množství ohřátého ferromanganu. Konvertor nechá se chvíli skloněný, aby se ferromangan dobře v lázni rozdělil.

Aby výrobek měl určitou tvrdost, dodá se lázni, jako u pochodu kyselého, uhlíku ve tvaru ferromanganu nebo železa lupínkového, práškovitého dřevěného uhlí anebo koksu podle Darbyho. Má-li býti získán materiál zvláště stejnorodý, přidává se někdy i ohřátého nebo roztaveného ferrosilicia; tohoto jen do slévací pánve.

Nato se vsune do ústí konvertoru hřeblo *h* (obr. II., tab. 22.) z ohnivzdorné hmoty, držené železným rámkem na dlouhé rukojeti *r*, a zadržuje jím ztuhlá struska při v y l í v á n í lázně do s l é v a c í p á n v e. Po vylití železa vylije se obrácením konvertoru dnem vzhůru i zadržená struska do struskového vozíku.

Graficky znázorňují chemický průběh pochodu T h o m a s o v a tři příklady na diagr. č. 16.

P r v ý p ř í p a d. (Spodní obraz.) Surové železo se značnějším obsahem křemíku a velmi malým množstvím fosforu. Rychle shořuje křemík a uhlík, mangan pozvolna, fosfor teprve po přechodném momentu, právě tak, jak bylo vylíčeno v předchozím popisu zásaditého pochodu. Dmycháno bylo celkem $14^{1}/_{4}$ minuty.

D r u h ý p ř í p a d. (Prostřední obraz.) Surové železo s nepatrným množstvím křemíku a velkým obsahem fosforu, velmi přehřáté. Průběh čar znázorňuje jasně rozdíl v pochodu proti případu prvému. Vlivem přehřátí klesá čára uhlíková příkře hned s počátku. Fosforu ubývá napřed mírně a teprve po spálení uhlíku rychle. Pochod trval $13^{1}/_{4}$ minuty.

T ř e t í p ř í p a d. (Hoření obraz.) Železo podobného složení jako v případě předcházejícím, proto podobný i průběh. Obsah manganu stoupl ke konci pochodu buď jeho uvolněním ze strusky nebo nepřesností při braní zkoušek. Dmycháno bylo $10^{1}/_{4}$ minuty. —

S í r a spaluje se oběma pochody jenom nepatrně, ale přece více pochodem Thomasovým.

S t r u s k a, které se tvoří při zásaditém pochodu as 25% váhy získaného plávkového materiálu, jest cennou surovinou na výrobu u m ě-

lého hnojiva (Thomasova moučka), obsahujíc 6—12% SiO_2, 12—22% P_2O_5, 1—4% Al_2O_3, 3—5% Fe_2O_3, 7—18% FeO, as 4% MnO, 44—48% CaO, 3—6% MgO a asi 0·1% S. K získání hnojiva stačí rozemlíti strusku na jemnou moučku. Hnojivý účinek moučky v kyselých a bahnitých půdách je týž anebo i lepší než superfosfátu se stejným obsahem kyseliny fosforečné, kdežto v normálních půdách účinku superfosfátu nedosahuje. Příčinou jest, že veškerá kyselina není účinnou, nýbrž jenom její část. Proto zavedeno bylo oceňování moučky podle množství účinné kyseliny, které lze zvýšiti až nad 90% přidáním písku a podle nejnovějších poznatků zejména jeho dokonalým promíšením se struskou ještě žhavou. — Opalu při pochodu Thomasově jest 10—13%. —

V ocelárně Pražské železářské společnosti v Králově Dvoře udělali ve 12hodinové směně 15—16 chodů (šarží), byl-li v činnosti pouze jeden konvertor; připadlo tedy na jeden chod včetně všech prací 48—45 minut. Když pracovaly dva konvertory střídavě, totiž tak, že po skončeném dmychání do jednoho mohlo býti dmycháno hned do druhého, který byl zatím naplněn, udělali 18—19 chodů a mohli udělati až 25, kdyby byli měli dostatek sur. železa od vysokých pecí.

Zásadité vyložení pláště z dolomitu vydrží průměrně 200 chodů; dna s dírkami, vytvořenými přímo v ohnivzdorném materiálu 35—70 chodů, kdežto dna s dírkami ve vložkách mají vydržeti dvakráte tolik. Vyložení z vápna vytrvají celkem méně; tak pláště 80—100, než musí býti vyspraveny doplněním na původní tloušťku v celém svém rozsahu; dna průměrně 20 chodů (Králův Dvůr). Kyselá vyložení pláště snesou 500 chodů, za pečlivých oprav ještě více; kyselá dna vydrží nejméně tolik chodů jako zásaditá.

V předcházejícím byly vylíčeny normální průběhy obou pochodů. Ve skutečnosti vznikají z různých příčin i průběhy abnormální. Není-li železo, vlité do hrušky, dostatek horké, nemá-li přimíšenin, jako křemíku, manganu, fosforu, jež by zvýšily jeho počátečnou teplotu, je-li dmychadlo slabé, konvertor málo vyhřátý, je chod studený. Vzduch proniká hustou lázní těžce, a jest vyhazováno železo. Uhlík shořuje za nízké teploty velmi pomalu. Železo, vlité do slévací pánve, vytéká z ní líně, ba může v ní ztuhnouti (zmrznouti). V tomto případě musí býti rychle vylito na dvůr překlopením pánve. Dobrým prostředkem ke zvýšení teploty za studeného chodu jest surové železo, bohaté křemíkem, jež se lázni přidává. Naopak nastává horký chod, je-li surové železo přehřáto, má-li mnoho křemíku nebo manganu. Pak vystoupí teplota lázně hned tak vysoko, že může býti uhlík spálen před dokonanou oxydací křemíku a manganu. Při zásaditém pochodu je jím zdržováno odstraňování fosforu. Horkým chodem trpí též velmi nejen vyložení, ale i dno. Chod činí se chladnějším přihazováním pevných odpadků plávkového železa.

Vzduch do konvertoru vtlačuje obyčejně dvouválcové, pístové dmychadlo, hnané parním strojem, jež nassává podle velikosti náplní v 1 minutě 500—800 m^3 vzduchu a stlačuje jej až na 2·5 *at*. Třeba jednoho stroje v chodu, druhého reservního. Normální výkonnost parního stroje při uvedeném množství nassávaného vzduchu a stlačeného na napětí 2 *at*, jest 1800—2400 HP, největší při napětí 2·5 *at* as 3600 HP.

Pochodem Bessemerovým obdržují se výhodně tvrdší druhy plávkového materiálu, hodícího se na kolejnice, osy, hrubé nástroje a pod., kdežto Thomasovým měkčí druhy, ač lze jím vyrobiti také materiál tvrdý. Tak leží pevnost materiálu, vyráběného v Králově Dvoře, obyčejně v mezích od 38 do 62 *kg*. Thomasův materiál zasluhuje přednosti všude tam, kde záleží na houževnatosti, tvárnosti, snadné svařitelnosti a kujnosti. Jinak hotoví se z něho všechno válené zboží.

Nejčastější chemická složení některých výrobků z Thomasova železa udává číselná tabulka 10.

Číselná tabulka 10.

Výrobky	C%	Si%	Mn%	P%	S%
Stavební a tyčové železo	0·05—0·10	sledy	0·30—0·50	0·05—0·08	0·04—0·07
Měkké plechy ...	0·05—0·09	„	0·30—0·40	0·05—0·08	0·04—0·07
Tvrdé plechy....	0·15—0·25	„	0·40—0·60	0·05—0·08	0·04—0·07
Měkký drát	0·05—0·08	„	0·30—0·50	0·05—0·08	0·04—0·07
Kolejnice	0·30—0·45	0·10—0·20	0·55—0·90	0·06—0·08	0·04—0·07

U nás se čistým pochodem Bessemerovým nezkujňuje (nepřihlíží-li se k malým konvertorům), poněvadž domácí železa obsahují fosfor. Ve Vítkovicích a v Třinci pracovali kombinovaně, t. j. zkujňovali železo napřed v konvertoru vyloženém kysele, načež přelili jeho obsah, aniž byl pochod ukončen, do pánve, převezli do zásadité peci Martinovy a v té zkujnění dokončili. Důvodem k tomuto postupu bylo složení sur. železa, jež mělo málo fosforu a mnoho křemíku k thomasování a mnoho fosforu k bessemerování. Výroba tímto způsobem byla ve Vítkovicích za války zastavena a huti přešly výhradně k výrobě oceli pochodem Siemensovým a Martinovým. Kombinovaný pochod, zvaný také dvojitý nebo duplexní, byl v novější době zaveden v několika amerických ocelárnách, ale k tomu, aby se zvýšila výkonnost pochodu Siemensova a Martinova, který se předběžným zkujněním železa v konvertorech značně zkrátí. Domácí huti, zkujňující v normálních konvertorech, pracují způsobem Thomasovým.*)

*) Thomasování bylo zavedeno na Kladně r. 1879, v Králově Dvoře r. 1896.

O podílu konvertorových pochodů na veškeré výrobě plávkového železa ve čtyřech státech, stojících v popředí světové výroby, potom v býv. Rakousko-Uhersku a v naší republice poskytují přehled číselné tabulky 7., 8. a 11. V býv. Rakousko-Uhersku (r. 1918), Německu (r. 1918) a Francii (r. 1919) připadají na Bessemerův pochod jenom zcela nepatrná množství (0·024%, 0·99% a 2·22%), kdežto v Anglii, jež má dostatek rud bez fosforu, vyrobeno bylo více železa Bessemerova než Thomasova a ve Spojených Státech se pracovalo vesměs v konvertorech kyselých. K číselné tabulce 11. budiž ještě připojeno, že vykázaná výroba Francie v r. 1919, na které je zúčastněno Alsasko s Lotrinskem 40·2 procenty, činí pouze 46·6% výroby předválečné. Jelikož Francie získala v těchto zemích 65 vysokých pecí a 31 konvertorů a má nyní největší rudné bohatství v Evropě, vyšine se po zlepšení hospodářských poměrů a znovuzřízení zničených hutí ve světové výrobě oceli na třetí místo, takže se bude řaditi hned po Spojených Státech a Anglii.

M a l é k o n v e r t o r y. Jak číselnými tabulkami doloženo, ubývá na kontinentu kyselých konvertorů k hutnické výrobě plávkového železa, které se zpracuje na výrobky na základě jeho tvárnosti. Za to se rozšiřují tak zv. m a l é k o n v e r t o r y (Kleinbirnen, Kleinkonverter, Kleinbessemerei) s k y s e l ý m vyložením k získávání materiálu na l i t í drobných, tenkostěnných, ocelových odlitků, zejména v Americe. Staví se nejčastěji na náplně 1·5—2·5 *t*, ač se nyní vyskytují také na 5 i na 8 *t*, takže pak přestávají býti malými; menší obsah než na 1 *t* není účelný. Jsou vyloženy vždy kysele; zásaditá vyzdívka se neosvědčila, neboť struska zvětšuje nebezpečí ztuhnutí lázně a když se tato přehřeje, trpí odfosfoření.

Vzdušní kanálky neprocházejí dnem jako v normálním konvertoru, nýbrž pláštěm, skloněné 3—9° od vodorovné, když konvertor stojí svisle (obr. III., tab. 22.). Vzduch vchází dutým čepem a troubou *p* do komory *B*, z které kanálky ve zvláštním, snadno výměnném kameni, do konvertoru. Nyní kladou se kanálky, jichž bývá pro menší náplně 5—7, pouze do jedné roviny. Po vlití náplně se konvertor vzpřímí, ale pouze tolik, aby železo dosahovalo právě k dírkám; teprve když je vzduch vpuštěn, nakloní se více, až dírky vyúsťují 50—70 *mm* pod hladinou náplně. Vzduch proudící z kanálků udržuje lázeň v pohybu. Tento způsob přívodu vzduchu prodlužuje dmychací dobu a umožňuje zastaviti pochod bezpečně v pravém okamžiku. Menšími konvertory otáčí se ručně šroubovým převodem *š*, *Š*, většími elektromotorem, působícím na týž převod. Vzduch, jehož napětí v době dmychání bývá 0·1—0·3 *at*, jest vháněn obyčejně pouzdrovým dmychadlem, jenom tehdy, třeba-li většího napětí, užívá se rotačních dmychadel, hnaných parní turbinou.

Zkujňuje se železo bez f o s f o r u a s í r y, jež bylo roztaveno v kuplovně. Někdy se mu přidávají též ocelové slévárenské odpadky (na př. vtoky, výfuky, zkažené odlitky). Pochod vyžaduje dobře vyhřátého konvertoru a horkého železa. Vnitřní průběh odpovídá celkem pochodu

Číselná

Stát	Ocel Bessemerova t	Ocel Thomasova t
Spojené Státy r. 1919	7 387 907	—
Anglie r. 1919	500 888	390 144
Francie r. 1919	48 682	1 012 916
Německo (předválečné) r. 1918..........	148 980	6 410 751

Bessemerovu; trvá průměrně 15 minut. Lázeň se odkysličuje a sytí uhlíkem přidáním ferromanganu a ferrosilicia. V malém konvertoru možno vyrobiti bez obtíží materiál od nejměkčího k nejtvrdšímu, s pevností od 35 do 90 *kg* na 1 mm^2. Úhrnná ztráta v konvertoru i v kuplovně dělá nejméně 13%, obyčejně 17—19%, až i 25%, jelikož kromě opalu vzniká značná ztráta výhozem.

Obdržuje se čisté železo nebo ocel s nízkým obsahem kysličníku, velmi horké, řídké, zatékající dobře i do malých dutinek formy, takže možno z něho líti i jen 3 *mm* silné ocelové odlitky s hladkým povrchem. Výrobní výlohy jsou sice poněkud větší než v peci Siemensově, v které se získává normálně materiál k lití tak zv. ocelových předmětů, má však tu velikou výhodu, že provoz může býti snadno přizpůsoben potřebě, kdykoli zastaven, jelikož je přetržitý, kdežto peci Siemensovy s regenerativním topením vyžadují provozu nepřetržitého. Všeobecným jest názor, že malý konvertor, který nyní slévárnu oceli znamenitě doplňuje, ač i zde mu vyvstal konkurent v elektrické peci, se hodí na drobnější a tenčí rozložité předměty, kdežto pochod Martinův na těžké, silnostěnné odlitky. Rychlým provedením dvou i více chodů za sebou a uschováním oceli ve vyhřáté pánvi pod struskou, možno získati také i z jediného konvertoru dosti kovu k odlití těžšího předmětu nežli je jeho náplň. Materiálu vyrobeného v normálních konvertorech se k lití předmětů neužívá; nanejvýše lijí si z něho huti pro svou vlastní potřebu. Malé konvertory mají u nás na př. Škodovy závody v Plzni a firma Křižíkova v Kolíně.*)

V poslední době užito bylo malých konvertorů s úspěchem také k výrobě materiálu na kujnou neboli změkčenou litinu.

*) Knižní literatura o malých konvertorech:

Levoz T., Quelques vérités sur la mise en pratique des petits convertisseurs „Bessemer", Paříž, 1905.

Simonson A., How to make Converter Steel Castings, Cleveland, 1910.

Geiger C., Handbuch der Eisen- und Stahlgiesserei, II. Band, Berlín, 1916, str. 613—629.

tabulka 11.

Ocel Martinova t	Ocel kelímková t	Ocel z elektr. pecí t	Jiná ocel t	Úhrnná výroba t
27 379 873	64 589	390 603	2 999	35 225 971
5 816 912	—	78 232	135 128	6 921 304
1 065 166	16 937	42 559	—	2 186 260
8 093 182	86 555	240 037	—	14 979 505

c. Slévací pánev na zkujněný materiál a lití špalků neboli ingotů.

Přísluší diagr. č. 17. a tabulky 22., 23.

Po skončeném pochodu, ať kyselém nebo zásaditém, vylije se obsah konvertoru do slévací pánve (Giesspfanne), obrazy IV., V. a VI., tab. 22. Je to tak veliká nádoba, snýtovaná z plechů, aby pojala celou náplň. Nádoba jest buď vyložena hmotou z písku, šamotu a jílu v tloušťce 120—150 *mm*, nebo vyzděna. V posledním případě je výhodné, je-li vyzdívka ze dvou vrstev ohnivzdorných cihel. Když vnitřní utavením značně ubylo, může býti snadno obnovena, aniž by bylo třeba měniti vrstvy, přiléhající k nádobě, neboť ta vydrží delší dobu. Pánev má čepy, jimiž se ukládá nebo zavěšuje na jeřáb. Železo nevylívá se z ní horem sklopením, nýbrž vypouští otvorem ve dně, aby struska byla zadržena. Otvor ten, mající 25—40 *mm* ve světlosti, vytvořen v šamotové cihle *a* nejlepší jakosti, kterou lze vsaditi buď z vnitřku pánve (obr. V.), nebo zvenčí. V tomto případě může býti přichycena k nádobě bajonetovým uzávěrem (obr. VI.), složeným z kroužku *b* a přinýtované příruby *c*. Kroužek *b* s vloženou cihlou zasune se do příruby *c* nejdříve axiálně (levá půlka obrazu), načež se v ní zachytí otočením o 90^0, neboť pak výstupky na *b* zapadnou do drážek v *c* (pravá půlka).

Vypouštěcí otvor lze uzavříti ohnivzdornou, na spodu půlkulovou zátkou *d* (obr. V. a VI.), nastrčenou se strany na železnou tyč *s*, která jest chráněna buď hlinou, nanesenou souvisle, nebo navléknutými šamotovými válcovými cihlami *e*. Nahoře končí tyč kuželem, který je spojen s ramenem *r* klínem. Zátku lze ovládati zvenčí pákou *p*, jejíž výkyv přenáší kolík *k* na svislou tyč *t*, náležitě vedenou, a na vodorovné rameno *r*. Jak cihlu *a* s vypouštěcím otvorem, tak i zátku *d* třeba vyměňovati po každém lití. Dále bývá pánev opatřena ústrojím sklápěcím, složeným ze šroubového kola, naklínovaného na jejím jednom čepu a ze šroubu, aby mohla býti po každém lití obrácena a vyčištěna. Před vlitím železa musí býti vyhřáta nad zvláštními koksovými nebo plynovými ohništi, nad něž se pánev přiklopí dnem vzhůru.

Z popsané pánve vypouští se železo otočením páky *p* do litinových forem, nejčastěji tvaru dutých komolých jehlanů, tak zv. kokyl*), které jsou uvnitř natřeny grafitem (obr. VII., tab. 22. a diagr. č. 17.). Kokylu tvoří litinový plášť *a* (tab. 22.), který se staví na rovnou litinovou desku *c* a má zalitá ucha *b* z kujného železa; horní okraje pláště, do nichž jsou ucha zalita, bývají též sesíleny (viz diagr. č. 17.). Kokyly na materiál, který má býti dále zpracován válením, mají obyčejně průřez čtvercový nebo obdélný (na pancířové desky) se zaoblenými rohy a mírně vyhnutými stranami (obr. VII. a VIII., tab. 22.); formy na materiál, z něhož budou hotoveny výrobky kováním, mívají průřez i kruhový, šesti- a osmistranný. Podélné stěny mají mírné úkosy, aby bylo lze formy se ztuhlých odlitků snadno stáhnouti. Tloušťka stěn menších kokyl bývá 60—80 *mm*, velikých, na př. na pancéřové desky, 200—300 *mm*. Dobře dimensované kokyly vydrží průměrně 200 lití. Jsou z ohnivzdorné litiny. Osvědčilo se toto její složení: 3·5% C, 1·8—2·2% Si, Mn nejvýše 0·8%, P nejvýš 0·07%, S maximálně 0·05%, As stopy.

Kokyly, zapuštěné do slévacích jam nebo i volně stojící, možno plniti buď horem, jednu po druhé (obr. VII., tab. 22.), nebo hromadně. Prvý způsob hodí se pro velké formy, druhý, dražší, neboť vyžaduje více přípravných prací, jest vhodný pro formy malé; zajišťuje také stejnorodější materiál, jelikož plyny mohou z odlitku snáze unikati. V tomto případě pouští se železo z pánve do společného vtoku, ze kterého jest rozváděno v desce, na níž kokyly stojí, tak, aby vtékalo do všech současně spodem. Proto má litinová deska *A* (diagr. č. 17.), tvořící dno zapuštěného slévacího pole, rýhy *k*, průřezu na př. 85×90 *mm* (obrazy I., tab. 23.); všechny příčné spojuje jedna podélná, uprostřed rozšířená (diagr. č. 17.). Do místa toho vložena na ohnivzdornou maltu šamotová cihla *a* (obrazy II., tab. 23.) se svislým a vodorovným kanálem, které spolu souvisí. Na tuto cihlu se staví společný vtok, vytvořený ve válcovém rámu *B*, děleném axiálně; jeho obě půlky spojují ucha a šrouby *s* (diagr. č. 17.). Nahoře jest rám nálevkovitě rozšířen a v celé délce ohnivzdorně vyložen. Vyložení bylo před posazením vtoku na cihlu *a* ostře vypáleno. Železo, vlité do vtoku, vychází z cihly *a* vodorovným kanálkem na obě strany a proudí jak v podélné rýze tak v rýhách příčných šamotovými cihlami, které mají buď jen procházející válcový kanálek (cihly *b* na diagr. č. 17., jakož i na obr. III., tab. 23.) nebo křížový ve vodorovné rovině pro odbočky do příčných rýh (cihly *d*) nebo kromě vodorovného kanálku ještě i svislý (cihly *c*). Vyžaduje tedy jedna velikost kokyl nebo velikosti nepříliš rozdílné, tří druhů cihel. Čela cihel jsou buď rovná, takže se cihly stýkají tupě (v domácích závodech) nebo k dokonalejšímu spojení osazená (obr. IV. téže tab.).

Když byly kanálkové cihly, omazané maltou na čelech a na třech bocích, do rýh desky *A* vtlačeny, seškrábne se přebytečná, vymáčknutá

*) Z francouzského coquilles = skořápky.

malta. Zbylá v mezerách a spárách rychle ztvrdne, poněvadž deska *A* za normálního provozu nikdy zcela nevychladne; nové slévací pole bývá připravováno hned, jakmile byly odstraněny žhavé odlitky z chodu předcházejícího. Rozumí se, že pro každé lití třeba nejen nových kanálkových cihel, nýbrž i nového vtoku.

Další příprava slévacího pole záleží v tom, že narýsnou se na desce *A* křídou pomocí plechových šablon obrysy spodního obvodu kokyl, a tyto podle rysek jeřábem nasázejí, jak patrno z diagr. č. 17.; do každé ústí svislý kanálek *e*. Při tom musí býti každá jednotlivá cihla zachycena, zatížena kokylou, aby nebyla z rýhy vztlakem železa vytlačena. Z tohoto důvodu nemůže býti podélná rýha v desce *A* (diagr. č. 17.) v místě plně kresleném, nýbrž v místě naznačeném tečkováním. Kokyl třeba tolik, aby pojaly celý obsah pánve. Maličké spojují se v jedno těleso po dvou, čtyřech i šesti (obrazy V. a VI., tab. 23.).

Způsob, jakým dopravována je slévací pánev ke slévacímu poli a při lití ovládána, závisí na disposici konvertorů. Tyto musí býti nejméně dva, má-li býti umožněn nepřetržitý provoz; obyčejně však jich bývá v huti více. Pak jsou uspořádány buď podle staršího způsobu v k r u h u nebo podle novějšího v p ř í m c e. V prvém případě (obr. VII., tab. 23.), který se již neprovádí, stojí ve středu kruhu hydraulický jeřáb *J*, jehož vodorovné rameno *R* nese pánev *P*; její váhu vyvažuje protizávaží *Z*.

Pánev může býti zvednuta nebo spuštěna zároveň s ramenem *R*, pootočena s ním ve vodorovné rovině a sklopena kol svých čepů. Když přijala železo z některého z konvertorů K_1, K_2, K_3, byla otočena s ramenem *R*, vypustí se z ní železo do forem *F*, uspořádaných v témže kruhu, který pánev opisuje. Jeřáby J_1, J_2 obstarávají práci na slévacím poli. Jsou-li konvertory K_1, K_2, K_3 uspořádány v přímce (obr. VIII., tab. 23.), bývají ve vzdálenosti 7·5—10 *m*. Pánev jest na pojezdném jeřábu, jehož kolejnice *k*, mající rozchod 3—3·4 *m*, vedou ke slévacím polím S_1, S_2, upraveným obyčejně ve vedlejší místnosti po obou stranách dráhy. Jeřáb má buď pohon parní a hydraulický, nebo elektrický. V prvém případě jest namontován na vozík *V* nejen hydraulický válec *J* s pístem a vodorovným ramenem, nesoucím pánev, ale i parní kotel. Párou pohybuje se vozík a hydraulické pumpy; převod na hnací osy opatřují čelní nebo kuželová ozubená kola. Napiatou vodou jest pánev *P* zvedána a spouštěna, pootáčena ve vodorovné rovině, sklápěna kolem čepů a posouvána ku předu i zpět. Jeřáb této soustavy vyniká neodvislostí; naproti tomu je těžkopádný a potřebuje značně místa. J_1, J_2, J_3, J_4 jsou pojezdné elektrické jeřáby k obsluze slévacích polí, pojíždějící ve výši.

Jeřáb s elektrickým pohonem může býti buď výhradně elektrický, t. j. všechny jeho pohyby dějí se elektromotory, nebo složený elektrohydraulický. Pak pohybovány jsou elektricky vozík a pumpy, které stlačují vodu, jež opatřuje všechny pohyby pánve. Na obr. IX., tab. 23., naznačen elektrický jeřáb; jeho rameno *R* s pánví nemůže býti svisle

zvedáno nebo spouštěno. Pojíždění jeřábu obstarává motor *a*, otáčení ramene *R* ve vodorovné rovině motor *b* a natáčení pánve motor *c*. Konečně mohla by pánev býti dopravována i normálním, ve výši pojíždějícím jeřábem, jak tomu bývá obyčejně v hutích Martinových; v hutích konvertorových neužívá se však tohoto způsobu, poněvadž pohybu překáží skoro vždy konvertorová plošina.

Při lití, t. j. za vtékání železa z pánve do kokyl, hází se do těchto, lije-li se horem, nebo lije-li se spodem, pak do společného vtoku, hliník, buď zrněný nebo vykovaný a nasekaný v kousky, aby rozložil zbytky oxydů železa a působil k dosažení plného, stejnorodého materiálu. Čím chladnější jest obsah pánve, tím rychleji, tím silnějším proudem třeba líti a tím méně hliníku možno přidávati. Naopak, čím teplejší jest lázeň, tím volněji se lije a tím více hliníku přihazuje. Tvrdým šaržím se hliníku nepřidává.

Když všechno železo vteklo a na stěnách trochu ztuhlo, vloží se na ně do kokyl litinová víčka *v* (diagr. č. 17.) se železnými uchy, po případě víčka z ocelové litiny a zahodí pískem, aby vznikl hladký svršek ingotu a nechladl rychleji, nýbrž zůstal naopak tekutý a vyplňoval dutiny, jež by vznikaly uvnitř smršťováním při tuhnutí.

Jakmile obsah kokyl ztuhl, což se stane u prostředně velikých asi v deseti minutách, stáhnou se tyto některým z jeřábů J_1, J_2, J_3, J_4, jehož háky byly zasmeknuty za ucha *f*, a odloží na chladicí pole, aby vychladly na vzduchu, neboť teplem vlitého železa až zčervenaly. Je-li jich zase hned třeba, chladí se účinněji postřikováním studenou vodou nebo ponořením do vodní nádrže. Zchladlé, očištěné a natřené, sázejí se znovu do slévacích polí některým z uvedených jeřábů. Nové slévací pole musí býti připraveno vždy během chodu.

Ztuhlý obsah kokyly zove se špalek plávkového železa neboli ingot. Ingoty zbylé na poli, stahováním kokyl více méně pokácené, odstraní se taktéž jeřábem a buď zpracují přímo dále, nebo se nechají vychladnouti. Ztuhlé vtoky ze společného lití tvoří odpadky, které se zavezou příležitostně zase do konvertoru.

V Americe staví kokyly, obyčejně po čtyřech, na vozíky, jejichž deska zastupuje desku *A* slévacího pole. Po naplnění zajedou vozíky do místnosti, ležící mezi hutí a válcovnou, kde se kokyly stáhnou s ingotů přesně vzhůru, za současného přitlačení těchto na vozík, zvláštně konstruovanými jeřáby (Stripper). Úpravou touto odpadá potřeba slévacích polí.

Při lití železa do kokyl ulije se vždy malý ingot na zkoušky. Sotva ztuhl, vyrazí se z kokylky a vykovou z něho po ohřátí ve výhni zkušební tyče na zkoušky lámavosti za tepla neboli na síru, lámavosti za studena neboli na fosfor, tyče na zkoušky kalitelnosti, rázem a pevnosti v tahu. Všechny zkušební tyče se opatří číslem chodu, a výsledky zkoušek, chemických nevyjímaje, zanesou do protokolu, takže huť vždy ví, jaký materiál dodává, neboť číslo chodu vyrazí se i na každý jednotlivý ingot.

Špalky z pochodů konvertorových zpracují se na konečný výrobek pravidelně v á l e n í m, ze Siemensových a Martinových částečně i k o v á n í m, avšak jenom na v e l i k é výkovky, na př. na silné hřídele, veliké kliky, ojnice a pod., neboť na normální výkovky kovář zpracuje obyčejně materiál tyčový, získaný také válením.

Když mohou býti špalky hned dále zpracovány, nenechají se vychladnouti, aby bylo ušetřeno tepla, potřebného k jejich případnému ohřátí. Avšak ihned jich také nelze váleti, poněvadž netuhly v celém svém rozsahu stejnoměrně a jsou v nich vnitřní pětí; výrobky by mohly míti kazy. Proto se vkládají žhavé do z a p u š t ě n ý c h p e c í (Tiefōfen), které buď nemají topení nebo jsou jím opatřeny. Peci obsahují více svislých, z křemičitých cihel vyzděných šachet, uzavřených nahoře víky, vyloženými šamotem. Do šachet se staví pojezdným jeřábem po jednom špalku. Jsou-li peci bez topení, musí býti vyhřáty do žhava několika ingoty; další ingoty jsou pak už prohřívány stejnoměrně vnitřním teplem. Ony špalky, jež za výhřevu peci zchladly, musí býti ohřáty ve zvláštních pecích. — Peci s topením mívají topení regenerativní plynem kychtovým nebo generátorovým. Jak prohřáté, tak i ohřáté špalky jsou vyjímány zase jeřábem a dopravovány přímo k předvalovací neboli ingotové stolici válecího zařízení.

Získané ingoty n e j s o u celistvé, stejnorodé, nýbrž více méně d ě r o v i t é, porésní. Dutiny vznikají v nich ze dvou příčin. Jednou je s m r š t i v o s t k o v u za tuhnutí, druhou v y v i n o v á n í p l y n ů z něho.

Z kovu, vlitého do kokyly, ztuhne nejdříve tenká vrstva kolkolem na zevnějšku, na př. vrstva *1* (obr. X., tab. 23.), která zaujme určitou velikost; nahoře, kde chladnutí je mírnější, bude vrstva ta slabší. Jelikož kovu ztuhnutím ubylo, nebude vyplňovati tekutý celého vnitřního prostoru, nýbrž vznikne nad ním prázdný prostor *a*. Po ztuhnutí následující vrstvy, na př. *2*, vznikne nad ním užší dutina *b*. Za tuhnutí další vrstvy klesne hladina ještě více atd., až vytvořivší se celková dutina (Lunker) nabude tvaru, naznačeného přibližně čárkovanými křivkami. Taková dutina, více méně pravidelná, obsahující často zbytky po klesajících hladinách, jichž povrchy také ztuhly ve slaboučkých vrstvách, vznikne tam, kde bylo železo nejdéle tekuté; nebude obsahovati vzduchu ani plynů, když se tyto z kovu nevybavují. Má-li takový ingot dáti zcela bezvadný výrobek, musí býti jeho hořejšek uříznut do hloubky dutiny, jež sahá mnohdy značně hluboko; na obyčejné zboží se hořejšky neuřezují. Někdy povolí horní vodorovná část vrstvy *1* tlaku zevnějšího vzduchu a pak jest dutina viditelna.

D r u h á p ř í č i n a d ě r o v i t o s t i je ta, že r o z t a v e n é železo obsahuje větší nebo menší množství plynů, které jsou v něm buď rozpuštěny, nebo jím jen pohlceny, a které za tuhnutí se z něho zase vybavují, vytvořujíce, když nemohou uniknouti, buď jen sotva znatelné

nebo i značné dutiny. Stěny těchto dutin jsou naproti stěnám dutin, vzniklých smršťováním, hladké. Tak přijímá železo vodík a zase jej vydává, když zchladnutím klesla jeho schopnost rozpouštěcí. Dále obsahuje dusík a více či méně rozpuštěného kysličníku železnatého (FeO), na který, nebyl-li rozložen, působí uhlík železa tím způsobem, že vzniká kysličník uhelnatý, který se snaží z ingotu uniknouti, kdežto železo kysličníku se redukuje. I vzduch dostává se do ingotů při lití.

Vybavené plyny snaží se uniknouti ve směru nejmenších odporů. Uniknutí se zdaří, pokud obsah formy je tekutý; není však možné, jakmile částečně ztuhl. Plyny nahromadí se pak buď poblíže zevnější stejnorodé vrstvy, ztuhlé hned na počátku (viz obr. XI., tab. 23.) nebo ve vzdálenosti poněkud větší od povrchu, ale také podle obrazu XI., nebo podle obr. XII.; konečně může býti špalek bublinatý v celém rozsahu. Podélné osy bublin směřují vždy k tekuté části ingotu. Uniká-li plynů mnoho, ingotu i nabývá; v tomto případě mizí dutina, vzniklá smršťováním.

Dutiny v ingotech jsou škodlivé, neboť dalším zpracováním se všechny neodstraní, nesvaří, nýbrž naopak válením se prodlužují, čímž dostává se necelistvý, kazy prostoupený výrobek horší jakosti. Proto hledí hutník zameziti vznik bublin i dutin a užívá k tomu rozličných prostředků, z nichž buďte uvedeny tyto:

α) Snaží se předem, aby plyny nemohly v železe vůbec vznikati. Proto přidává za odkysličení lázni ferromanganu nebo lupínkového železa, aby mangan těchto látek rozložil kysličník železnatý, v lázni rozpuštěný, neboť zbude-li tento v ní, dává podnět ke vzniku kysličníku uhelnatého a k pohlcování vodíku, jak bylo právě uvedeno. Z řečeného je také jasno, proč tvrdý materiál obsahuje méně kysličníku železnatého než měkký. K dosažení téhož účelu přidává dále do pánve, nebo až za lití do kokyl, resp. do společného vtoku, vysokoprocentního ferrosilicia a posléze hliníku, kteréž dvě přísady rozkládají nejen kysličník železnatý, nýbrž zamezují i uvolňování vodíku.

β) Má-li dodati bezvadný, plný ingot určité délky, ulije delší tlakovou hlavou, do které přejde dutina vzniklá smršťováním, jakož i značná část plynů. Hlava jest nádrží, ze které železo vtéká do vnitřní dutiny, aby ji naplnilo. Proto, jde-li o velmi hutné ingoty ke kování anebo i o hutné odlitky, udržuje se železo v tlakových hlavách umělým způsobem tekuté Tak nasadí se na př. podle Riemera po odlití na svršek kokyly zvláštní ohřívací pícka, v níž plamen, vzniklý smíšením ohřátého generátorového plynu a napiatého vzduchu, šlehá shora na hlavu špalku. Též thermitem bylo dosaženo dobrých výsledků. Také možno hlavu několikráte dolíti. Podobnými pomůckami, jichž je množství, lze dosáhnouti plného ingotu při minimální výšce tlakové hlavy, která jest ztracena, poněvadž musí býti odříznuta.

γ) Spodní lití ze společného vtoku. Za tohoto nerozstřikuje se první železo, vtékající do forem, a netuhne ve škodlivé kuličky. Dále není strhován do ingotu vzduch jako při lití horem. Stoupání kovu ve formách za spodního lití podporuje unikání plynů již uvolněných.

δ) Stlačení kovu vlitého do kokyly velikým tlakem. Dobrých výsledků dosáhl inž. Harmet svým lisem z r. 1900. Lis ten (obr. XIII., tab. 23.) se skládá ze základního rámu R_1, uloženého v půdě ocelárny, a z rámu horního R_2, spojeného se spodním dvěma kovanými sloupy S_1, S_2. Do rámu R_1 jest zasazen hydraulický válec V_1, do kterého může býti vpuštěna tlaková voda trubkou t. Píst P tohoto válce působí pístovou tyčí p na pohyblivé dno kokyly P_1, vedené válcovým vedením vozíku v. Na dno to se klade ještě výměnná deska r, 30—60 *mm* vysoká, přicházející ve styk se žhavým kovem. V horním rámu R_2 jest uložen hydraulický válec V_2, jehož diferenciální píst p_1 nese na tyči u druhou tlačnou část, totiž píst s. Voda jest veváděna do válce trubkami t_1, t_2. K rámu R_2 připevněný kroužek b tvoří při lisování oporu hořejšku kokyly K. Než se počne lisovati, je píst P spodního hydraulického válce dole, takže pístová tyč p nevniká do vedení ve vozíku, a píst horního hydraulického válce jest v nejvyšší poloze, za které vězí píst s v kroužku b.

Kokyla K, sevřená železnými pásy k, aby snesla veliký tlak, spočívající na kroužku a vozíku, uzavřená na spodu deskou r s pohyblivým dnem P_1, naplní se, ne však zcela, ze slévací pánve, obsahující náplň konvertoru. Dno P_1 leží při tom svou rozšířenou částí na desce vozíku. Pak zasune se vozík s kokylou do lisu. Vpuštěním tlakové vody pod píst P vtlačován jest kov do kuželové kokyly, která se opírá svým horním okrajem o kroužek b. Vyvozeným tlakem jsou plynové bubliny z kovu vytlačovány. Aby způsoben byl tlak také na horní plochu ingotu, tlačí na ni zároveň i píst s. Tlak na tento je tak určen, aby píst ustupoval před pohybem spodního, většího pístu. Rychlost pohybu tohoto pístu musí býti udržována v jistých mezích; velikou byl by kov protlačován spárou mezi pístem a kokylou.

Naznačené zařízení dává plné, bezbublinaté ingoty, jest však drahé, takže se hodí jen na veliké ingoty, na jichž stejnorodost kladeny jsou největší požadavky a z nichž mají býti hotoveny důležité výkovky, jako na př. dělové hlavně, silné hřídele hnacích i lodních strojů, a pod.*)

Z uvedeného jest zřejmo, že získaný plávkový materiál není ideální pokud jde o jeho celistvost. Než ani chemické složení špalku není stejné v jeho celém rozsahu. Pokusy ukázaly, že plávkový materiál má sklon, podobně jako mnohé jiné slitiny, rozpadnouti se za tuhnutí ve slitiny odlišného složení. Stejnoměrný roztok v tekutém stavu se při tuhnutí rozpadá. Proto nemá větší předmět z plávkového materiálu skoro nikdy stejného chemického složení ve všech místech. Čím

*) Od r. 1912 mají je i Škodovy závody v Plzni.

volnější jest postup tuhnutí, čím větší špalek a čím větší množství cizích součástek, tím patrnější budou rozdíly. V oněch částech špalku, které zůstaly nejdéle tekutými, tedy v prostředku a svršku, a pak ve vzduchoprázdných dutinách — byla o takových zmínka — vyměšují se (saigern, seigern) přimíšeniny nejvíce. Nejen že tedy jakost materiálu trpí vznikem bublin, ale ještě i tím, že shlukují se v nich přimíšeniny železa, působící většinou škodlivě. Nejvíce shlukují se síra a fosfor, mnohem méně mangan a uhlík, kdežto křemík se skoro nevyměšuje, nýbrž zůstává v kovu rovnoměrně rozptýlen.

d. Zkujňovací pochod Siemensův a Martinův v plamenné peci.

Přísluší diagr. č. 18., 19. a tab. 24., 25., 26. a 27.

Roku 1865 počal se zabývati Petr Martin v hutích Sireuilských ve Francii znovu pokusy, před tím bezvýslednými, vyrobiti ocel, mající prostředně uhlíku, slitím surového a kujného železa, z nichž prvé má největší, druhé nejmenší obsah této součásti. Jeho úmysl se dařil, pokud tavil malá množství v kelímcích, ale nechtěl se dařiti, když usiloval o to, taviti větší množství v pecích plamenných, ve kterých nebylo možno vyvinouti dostatečného žáru. Teprve, když se rozhodl užíti při svých pokusech právě se vyskytnuvšího regenerativního topení bratří Bedřicha a Viléma Siemensových, dopracoval se výsledků. Podle topení nazván byl pak jeho pochod Siemensovým a Martinovým.

Bratří Siemensové nahradili ve svých pecích předně pevné palivo plynným. Plyn, potřebný v takovému topení, musí býti vyráběn ve zvláštních pecích, generátorech, opatřených většinou roštem, spalováním paliva ve vysoké vrstvě. Vysoká vrstva způsobuje spalování nedokonalé; proto nejsou hlavními zplodinami hoření v generátorech kysličník uhličitý a dusík, jako při shořování paliva v nízkých vrstvách na roštu, nýbrž plyny, obsahující kromě destilačních látek zejména hořlavý kysličník uhelnatý a dusík. Plyny tyto, smíšené se vzduchem, hoří za vysoké spalovací teploty. Tuto zvýšili Siemensové ještě ohřátím jak generátorového plynu, tak i vzduchu, potřebného k jeho hoření, v tak zv. regenerátorech teplem, odcházejícím z peci, ve které jest generátorový plyn spalován.

Vysoké, lehce ovládatelné spalovací teploty — až přes 1700° C — dosahuje se z toho důvodu, že jest možno spalovati generátorový plyn dokonale při malém, snadno měnitelném nadbytku vzduchu. Další předností plynového topení jest, že vysokou spalovací teplotu mohou poskytovati i plyny z méně cenných paliv, na př. z hnědého uhlí i rašeliny, pak že neznečišťuje spalovacího prostoru sazemi a popelem, a že jest úsporné; úspornost záleží ve využitkování tepla odcházejících vlastních zplodin v regenerátorech.

α. Generátory.

Generátory jsou šachtové, ohnivzdorně vyzděné peci, jichž bývá uspořádáno vždy více vedle sebe. Nejjednodušší, výhradně zděné, mají čtvercový nebo obdélný průřez, sklenutý hořejšek se zařízením k plnění. Palivo shořuje v nich na roštu tahem komína, náležejícího ke zkujňovací peci. Množství nassávaného vzduchu se řídilo větším nebo menším otevřením popelníkových dvířek; dvířka nad roštem byla zavřena. Měl-li býti takový generátor vyčištěn a jeho rošt zbaven škváry i popelu, což se dělo obyčejně jednou za 24 hodin, nechalo se palivo zcela vyhořet, načež se generátor oddělil od společného plynového kanálu a učinil přístupný otevřením dvířek nad roštem. Z toho je zřejmo, že čištění generátorů bylo nejen obtížné, ale způsobovalo i přerušování provozu. Proto byly zavedeny generátory, jejichž rošt mohl býti čištěn bez této závady. Příklad takového, dosti často se vyskytujícího generátoru, znázorňuje obr. I., tab. 24.

Šachta vyzděna v plechovém plášti p na litinovém kroužku, neseném sloupy, a nahoře překlenuta. V klenbě upraveno zařízení k plnění peci, které musí míti dvojitý závěr, aby při plnění nemohl vzduch zvenčí vnikati dovnitř a snižovati jakost plynu, jakož, aby zabráněno bylo explosi, jež by mohla nastati náhlým vznícením směsi vzduchu a generátorového plynu. Plnicí zařízení bývá nejrozmanitější úpravy. Naznačeno složené z válcové, dole zúžené násypky n a ze dvou příklopů, kuželového spodního v_1, visícího na řetězu a vyváženého, a plochého vrchního v_2, který zapadá svým okrajem do těsnicího žlábku na násypce n, naplněného vodou. Má-li býti do generátoru přidáno paliva, zvedne se nejdříve příklop v_2, palivo vsype do násypky n, příklop v_2 spustí a pak teprve snížením příklopu v_1 sjede do generátoru.

Plynné zplodiny odcházejí hrdlem a do společného vedení před kterým bývá zařízení k chytání prachu a dehtu, jehož má nejvíce generátorový plyn z hnědého uhlí a rašeliny. Kromě plnicího zařízení jsou v klenutí pomocné otvory, 70—80 *mm* ve světlosti, uzavřené litinovými koulemi c (viz též obr. II.), jimiž možno sledovati činnost generátoru, srážeti dlouhými železnými tyčemi palivo, když klesá nepravidelně, je rozhrnovati a přesvědčovati se o jeho výšce. Palivo shořuje na kruhovém stupňovém roštu r a plochém r_1. Spodní část generátoru objímá plechový, vyvážený plášť p_1, utěsněný vodou dole i nahoře. Tato úprava vyžaduje, aby vzduch potřebný k hoření přiváděn byl pod rošt zvenčí, což se děje potrubím m. Ale vzduch ten nebývá nassáván komínem jako při zděných generátorech, nýbrž vtlačován ventilátorem. Kromě toho, spaluje-li se spékavé uhlí, bývá pod rošt pouštěna i suchá, nejlépe přehřátá pára, aby zabraňovala slévání se škváry a chladila rošt. Má-li býti čištěn rošt tohoto generátoru, učiní se přístupný zvednutím pláště p_1.

Nové generátory se vyvíjejí v tom směru, aby spálily v časové jedničce co nejvíce i méněcenného paliva, je dokonale zužitkovaly a umož-

ňovaly nepřetržitý provoz při malých zařizovacích, udržovacích i provozních výlohách. Jest jich řada. Lze je rozděliti ve tři skupiny: na generátory bez roštu, s otáčivým roštem a na generátory, z nichž struska vytéká.

Do prvé skupiny patří na př. generátory Morganův a Talbotův. Obraz III., tab. 24., znázorňuje Morganův v provedení berlínsko-anhaltské strojírny. Ve válcové šachtě shořuje palivo podobně jako v pražicí peci, spočívajíc na popelu a škváře. Dole uzavírá generátor betonová mísa M, naplněná vodou; z ní ubírá se občas popelu i škváry bez jakékoli poruchy chodu. Vzduch vtlačován potrubím m. Plnicí násypku uzavírá dole kužel v_1 vahou závaží z a nahoře víko v_2, jež přitlačuje na ucpávku šroub s ručním kolečkem, procházející třmenem t s okem u. — Pravý Morganův generátor, amerického původu, v Evropě dosti rozšířený, má nepřetržité plnění. Palivo padá totiž z plnicí násypky na otáčející se talíř a s toho na šikmý plech, také se otáčející, takže jest uvnitř generátoru zcela stejnoměrně rozdělováno.

Do druhé skupiny patří generátory Kerpelyho, Rehmannův, soustavy Poetterovy, firmy Ehrhardt a Sehmer a j. Z nich jest u nás velice rozšířen generátor Kerpelyho, znázorněný obrazem IV., tab. 24. Prvý byl postaven v Donavicích; jeho náplň samočinně klesá a také samočinně vyváděn z něho popel se struskou. Kuželový rošt r, složený z jednotlivých kroužků, zabírající jenom část generátorového průřezu, jest uložen výstředně na litinové míse M, naplněné vodou a tvořící spodní uzávěr generátoru. Pomalým otáčením desky zároveň s roštem kolem osy generátoru — vykoná jednu otáčku as ve 3 hodinách — je škvára v zužujícím se prostoru mezi roštem a pláštěm drcena a pak zase uvolňována, takže stejnoměrně klesá, a palivo generátoru udržováno ve stálém pohybu; odpadá tedy jeho obtížné srážení a rovnání tyčemi.

Škváru z mísy vyhrnuje pevně stojící šikmý plech d žlábkem $ž$ do vozíku V. Její množství se řídí výškovým přestavením plechu d šroubem $š_1$ s ručním kolečkem k_1. Otáčivý pohyb mísy s roštem obstarává hřídel h, procházející podél celé skupiny generátorů. Výstředníkem e dostává dvojramenná páka a, b kývavý pohyb. Jeho tyč připojuje se na matku c, posuvnou na rameni a šroubem $š_2$ a ručním kolečkem k_2. Přestavením matky změní se výkyv páky a otáčivá rychlost mísy, neboť západka z na rameni b pootáčí rohatkou r, naklínovanou na hřídeli h_1, s kterého dostává mísa, ležící na kuličkách, otočný pohyb šroubem $š$ a šroubovým kolem $Š$, s ní spojeným. Vzduch vchází pod rošt soustředným kanálem N. Válcový plášť O generátoru, v hořejší části vyzděný, v dolejší chlazený vodou, spočívá na sloupech S. Otvory o lze pozorovati vnitřní chod a sraziti náplň, kdyby přece uvízla. — Vyhrnovaná struska může padati také na transportér, zapuštěný pod podlahou a býti jím mechanicky odvážena.

Generátory s otáčivým roštem se značně rozšířily, jelikož jejich obsluha je snadná a pracují spolehlivě. Novější dobou vyvstal jim soupeř

v generátoru, v němž se mění popel v tekutou strusku, která z něho vytéká jako z vysoké peci. Tyto generátory, ač původem z nejstarších (vyskytují se o nich zmínky již r. 1841; v letech 1879—90 zavedeny byly ve Vítkovicích), nemohly dlouho překonati četných potíží, jež bránily jejich správnému chodu. Podařilo se to teprve r. 1907 firmě Fichet a Heurtey ve Francii; za války došly i z Německa zprávy, že také s tamějším palivem docíleno dobrých výsledků. Obr. V., tab. 24. znázorňuje generátor firmy Georgsmarienhütte na denní spotřebu as 45 *t* koksu.

Generátory této soustavy podobají se malé vysoké peci. Válcová šachta *O*, vyzděná v plechovém plášti *p* a nesená sloupy *s*, přechází v zúženou podstavu, do níž vháněn vzduch formami *f*, uspořádanými v kruhu. Pláště podstavy i formy jsou chlazeny vodou. Zbytky paliva se převádějí v tekutou strusku přísadami, závislými na jeho druhu a jakosti. Používá se vápence, písku, strusky z vysokých i ze zkujňovacích pecí. Firma Georgsmarienhütte přidává strusky z vytápěných směšovačů a z Martinových pecí, pročež vytaví se i něco železa, obsaženého v těchto struskách. Roztavená struska z popelu a přísad, shromážděná při dně, vypouští se občas výpustí *v*, železo odpichem *o*. Uvádí se, že generátory tyto předčí dřívější menšími zařizovacími i udržovacími výlohami, větším výkonem a příznivějším složením plynu.

Generátory staví se na dřevo, rašelinu, lignit, na dřevěné, hnědé a kamenné uhlí, nověji i na koks; posledně uvedené zvláště v Martinových ocelárnách. Je-li v generátoru spalováno umělé palivo (dřevěné uhlí, koks) suchým vzduchem, skládá se vyrobený plyn jen z CO a N. Jeho theoreticky nejvýhodnější složení by bylo 34·3% CO + 65·7% N. Výhřevnost 1 m^3 tohoto plynu jest 950—1100 kalorií.

Na roštu generátoru shořuje palivo nejdříve na CO_2, vyvíjí teplo, jímž se rozžhaví nejbližší vrstvy. Když pak CO_2 prochází těmito, jakož i dalšími vrstvami vzhůru, redukuje se na hořlavý CO. Pouští-li se pod rošt ještě pára, rozkládá se i tato stykem se žhavým uhlím na CO a H. Tyto rozklady jsou v dokonalé míře možny jen tehdy, když jest nad roštem v generátoru teplota 1200—1400°; jelikož pára působí chladivě, nesmí její množství překročiti určitou hodnotu.

Spalují-li se v generátorech surová paliva (dřevo, rašelina, lignit, hnědé a kamenné uhlí), přistupují k uvedeným součástkám generátorového plynu ještě další, neboť palivo v hořeních prostorách generátoru se suší, v nižších destiluje. Plynné součásti, vznikající za destilace, hlavně H, CH_4, C_2H_4 a j., zvětšují množství hořlavin plynu, jehož výhřevnost pak stoupne na 1100—1400 kalorií. Proto je vhodným palivem generátorovým hnědé uhlí, obsahující hojně plynných součástí. Výška vrstvy paliva, je-li jím kamenné uhlí, bývá 1·0—1·4 *m*, je-li jím kusové hnědé uhlí, 1·3—2·0 *m*. Generátorové plyny z kamenného uhlí mívají nejčastěji teplotu 500—700°, ač se vyskytne i 850°, z hnědého uhlí 300—400°. Počítá se, že 100 *kg* kamenného uhlí dá 320—370 m^3 plynu.

Napětí vzduchu v novodobých generátorech kolísá mezi 30—700 *mm* vodního sloupce. Vysokého tlaku vyžaduje koks, drť koksová, drobné uhlí. Pro Martinův pochod není vysoké napětí vzduchu výhodné. Nejlépe voliti je tak, aby napětí plynů v potrubí nepřesahovalo 35—40 *mm* vodního sloupce, čemuž odpovídá napětí vzduchu kolem 100 *mm*. Parních injektorů se k vhánění vzduchu již neužívá, aby množství páry bylo libovolně měnitelné; vtlačují jej ventilátory a rotační dmychadla.

Příklad průměrného složení generátorového plynu, když byl vháněn pod rošt pouze vzduch: 31·1 objem. % CO + 0·7% CO_2 + 2·4% CH_4 + + 6·6% H + 59·2% N s největší výhřevností 1270·3 kalorií; když byla vpouštěna i pára: 27·0 objem. % CO + 5·4% CO_2 + 2·9% CH_4 + 14·0% H + 50·7% N, jenž má největší výhřevnost 1411·3 kalorií.

Poněvadž pochod Siemensův a Martinův vyžaduje značně paliva, přešly některé huti k topení plynem koksovým nebo směsí plynu koksového s generátorovým, anebo koksového s kychtovým. Samotný kychtový plyn nestačí vyvinouti tak vysokých teplot, jakých třeba zvláště ke konci pochodu. Ani samotný koksový plyn se dobře nehodí, jelikož se z něho vylučuje mnoho sazí, které ucpávají průchody a kanálky regenerátorů.

β. *Plamenná zkujňovací pec.*

Topí se v ní generátorovým plynem, zahřátým na vysokou teplotu, který shořuje, byv smíšen s dostatečným množstvím taktéž ohřátého vzduchu. Oba plyny se ohřívají na teplotu 1000—1200° teplem ve zkujňovací peci nespotřebovaným. Jsou totiž buď pod touto nebo vedle ní, čtyři regenerativní komory, žárojemy, vyplněné ohnivzdorným zdivem tak vyrovnaným, že vytvořuje souvislé kanálky, jimiž procházejí plyny, které mají býti ohřívány, ze spodu, a obráceně zplodiny vyhřívající. Plyny, ohřáté rozžhaveným zdivem ve dvou z těchto komor, shořují v peci za spalovací teploty kolem 1700°, a nezužitkované teplo zplodin, z pec odcházejících, vyhřívá druhé dvě komory. Když prvé komory zchladly předáváním tepla, změní se směr proudění plynů přestavením ústrojí rozváděcího tak, aby studené plyny táhly komorami mezitím vyhřátými. Směr proudění mění se na počátku pochodu každou půl hodinu. Z uvedeného jest zřejmo, že je to podobný pochod, jaký byl poznán u zahřívačů vzduchu pro vysoké peci. Spalováním plynů mohla by býti v peci vyvinuta teplota 1900—2000°, kdyby vydržel její ohnivzdorný materiál, zejména klenby a čel.

Na diagr. č. 18. a 19. nakreslena jest konstruktivně nehybná pec Siemensova a Martinova na náplně po 25 *t*.

Pod vlastním tavicím prostorem *A* jsou vysoké regenerátorové komory *D*, *E*, E_1, D_1, vyplněné vesměs kanálkovým zdivem, spočívajícím na cihlových roštech, nesených zděnými pilířky. Zdivo, ponechávající kanálky as 80×80 *mm* ve světlosti, jest až na několik nejhořejších vrstev,

jež jsou z cihel křemičitých, dinasových, v ohni nejstálejších, z cihel šamotových. I stěny komor jsou dole ze šamotek, nahoře z dinasek; z těchto provedena i dvojitá klenutí komor. Když zalily se kanálky hořeních vrstev zdiva částečkami z lázně a struskou, musí býti vyměněny; proto je výhodno vynechati zdivo přímo pod ústím kanálů, jimiž vstupují zplodiny do komor, a upraviti tam žlaby k chytání strusky, jak zřejmo ze schematických obrazů peci na tab. 25.

Ze spodu uvedených komor vybíhají ku předu kanály G, F, F_1, G_1 (diagr. č. 19.). Jejich výška je patrna na obr. III., diagr. č. 18. Příčný kanál M vede ke komínu. Nad počátky kanálů F, F_1, M sedí těleso V pro rozvod vzduchu, nad počátky kanálu G, G_1, jakož i M těleso V' pro rozvod plynu. Aby byl výkres jasnější, jsou počátky kanálů těch v prostředním obrazci diagr. č. 19. ještě zvlášť vytečkovány a nakreslena rozvodová tělesa nad nimi stojící. Každé se skládá z litinové základní desky u, u' (řezy 1—2, 3—4, diagr. č. 19.), na které spočívá buď taktéž litinové nebo plechové skříňovité těleso m, m', spodem otevřené, ležící na žebrech základní desky, jež má průřez korýtkový. V korýtkách nalitá voda opatřuje těsnění. Na tělese m' sedí rohový ventil s talířem r', visícím na vřeteni s'. Potrubím p, připojeným k bočnímu hrdlu ventilu (řez 1—2), přichází plyn z generátorů. Ventil na tělese m nemá bočního hrdla, nýbrž jest protilehle probrán, takže může do něho vstupovati vzduch z okolí, jakmile je talíř r zvednut vřetenem s (řez 3—4). Ventilová vřetena s, s' lze ovládati násadovými klíči s hoření plošiny peci (obr. III., diagr. č. 18.). Základní desky u, u' jsou dimensovány podle šířky kanálů G, M, G_1 (řez 1—2, diagr. č. 19.) a F, M, F_1 (řez 3—4).

V tělesech m, m' jsou příklopy k, k', buď litinové nebo zhotovené z ocelového plechu, jež mají boční stěny a hoření oblou plochu plné, ale spodek otevřený. Každý příklop spočívá čtyřmi čepy v probráních čtyř krátkých pák l, l', z nichž vždy dvě a dvě jsou naklínovány na společný hřídelík. Jedny z těchto hřídelíků vycházejí z těles m, m' až na venek, kde jsou na ně naklínovány dlouhé páky o, o'. Závaží i, i', visící na řetězech, vedených přes kladky n, n' a připevněných k uvedeným pákám, vyvažují váhu příklopů. Otočením pák o, o' vlevo, budou příklopy přeneseny z polohy plně kreslené (řez 1—2), do polohy naznačené tečkovaně. Klapky v, v' na čelních plochách těles m, m' uzavírají otvory, jimiž se zařízení čistí a jsou za chodu omazány hlinou. Kromě toho mají se samy otevříti za případné explose; proto zovou se explosivními.

Popsané rozváděcí ústrojí jest od F o r t e r a. Kromě něho existují jiná, na př. původní S i e m e n s o v o s klapkami, jež bude seznáno při regenerativní peci kelímkové (na p l y n se ho již neužívá), F i s c h e r o v o, jehož pohyblivou částí jest duté, přepažené válcové těleso, otočné kolem svislé osy, P o e t t e r o v o a j.

Ve větších komorách E, E_1 se ohřívá vzduch, v menších D, D_1 plyn. Prvé jsou větší as o třetinu, poněvadž k hoření musí býti vzduchu nad-

bytek a mimo to jest nassáván jenom tahem komína, kdežto plyn vtlačován vzduchem, vháněným do generátoru, a konečně je nassávaný vzduch studený, kdežto plyn má teplotu 300—700⁰.

Nechť jsou příklopy *k*, *k'* v pravé poloze, takže kryjí kanály *M*, F_1 a *M*, G_1. Při otevřených ventilových talířích *r*, *r'* vstupuje vzduch vzdušním ventilem do tělesa *m* a z toho do odkrytého kanálu *F*; tímto pak do spodu regenerátorové komory *E*, která jest žhavá. Komorou proudí vzhůru, ohřívá se a vystupuje z ní třemi, napřed šikmými, pak svislými kanály *C* (obr. I. a II., diagr. č. 18.), které přecházejí konečně v jediný, tak široký jak široká je peç, na počátku vodorovný, pak skloněný dolů, z něhož vychází do vlastního zkujňovacího prostoru *A*. Generátorový plyn, dostávaje se z potrubí *p* otevřeným ventilem do rozvodového tělesa *m'*, vchází jím ve směru šipky do kanálu *G* a do spodu komory *D*. Proudě jejím zdivem nahoru, se ohřívá, načež vystupuje dvěma kanály *B* nejdříve vzhůru, pak zase šikmo dolů. Vzdušní kanály, ústící do peci vždy n a d plynovými, mají býti více skloněny než tyto, aby přivoděno bylo dokonalé promíšení plynů. Osy skloněných kanálů mají se protínati před polovinou délky peci.

Z kanálů vystupující žhavý plyn mísí se se žhavým vzduchem, zapaluje, hoří dlouhými plameny, které táhnou při předpokládané poloze příklopů z levé strany peci na pravou, předávají lázni teplo za současného oxydačního působení a odcházejí ještě velmi horké zcela shodnými kanály v pravém čele peci do regenerativních komor E_1, D_1. Těmi proudí shora dolů, odevzdávají jim své teplo, dostávají se do kanálů F_1, G_1 a z těch pod příklopy *k*, *k'* (řezy 1—2, 3—4, diagr. č. 19.) do kouřového kanálu *M* a komína.

Když komory *D*, *E* zchladly a byly vyhřáty dostatečně komory D_1, E_1, obrátí se směr proudění studených plynů otočením pák *o*, *o'* přístrojů rozváděcích as o 90⁰. Tím budou příklopy přeneseny z poloh pravých do levých, následkem čehož bude vstupovati vzduch do kanálu F_1 a jím do komory E_1, kdežto generátorový plyn do kanálu G_1 a komory D_1; plameny v peci potáhnou od pravého čela k levému.

Zkujňovací prostor *A* má dno, klesající od obou čelních stran peci ku středu a od přední podélné strany dozadu, k odpouštěcímu otvoru *K*, uzavřenému za chodu ohnivzdornou hmotou (obr. III., diagr. č. 18.). *L* jest pevný vypouštěcí žlábek, *M* pojezdný, tehdy užívaný, když jest více pecí vedle sebe, jak tomu obyčejně bývá. V tomto případě posune se žlábek *M* vždy pod pevný *L* oné peci, z níž má býti zkujněné železo vypuštěno.

N e h y b n é peci Siemensovy a Martinovy staví se na náplně od 10 do 80, obyčejně však na 20—40 *t*; jejich celková délka bývá 12—18 *m* a šířka 4—5 *m*. Peci na náplně p o d 10 *t* se vyskytují jenom ve slevárnách oceli. Výška lázně nad odpouštěcím otvorem bývá 400—800 *mm*, obyčejně 500 *mm*. N í s t ě j, 4—11 *m* dlouhá, 2—4 *m* široká, je vytvořena ze silných,

litinových desek, nesených traversami, pak z vyzdění a vyložení. Pod desky má vzduch přístup, aby je chladil. V y l o ž e n í jest buď k y s e l é nebo z á s a d i t é.

užívá se skoro výhradně jen ve slevárnictví tvrdých druhů plávkového materiálu, kdežto zásaditě vyložené všeobecně k výrobě měkčích druhů, ač i tvrdé lze v ní obdržeti. Pro z á s a d i t ý pochod jest spodek peci vyzděn kolkolem, nejméně do výšky do jaké stříká struska, z cihel magnesitových. Ostatek, jakož i klenba jest z dinasek. Ve vnitřku leží na litinových deskách vrstva šamotových cihel, řidčeji dinasových, na těch cihly magnesitové v tloušťce as 300 *mm*, a konečně na nich hmota z páleného dolomitu a dehtu v síle as 100 *mm*. Hmota tato byla nanesena ve vrstvách, z nichž každá ohřáta do nejvyššího, v peci dosažitelného žáru, takže se slila s předcházející. Vypouštěcí otvor se ucpává taktéž hmotou dolomitovou. Mají-li býti zpracovány v peci tekuté náplně, třeba v její zadní straně vtoku ve výši as 1 *m* nad odpustí. Pec pro pochod k y s e l ý jest vyzděna vesměs z dinasek. Uvnitř spočívá na litinových deskách také vrstva těchto cihel a na ní as 400 *mm* silné vyložení z křemičitého písku s malým obsahem vazné hlíny, získané zase přitavováním slabých vrstev za vysokého žáru. Vypouštěcí otvor uzavírá se pískem a hlinou. Na diagramech značí husté čárkování zdivo ohnivzdorné, řídké, zdivo z dobře pálených cihel. Zkujňovací pec vydrží 500—1000 chodů; více trpí výrobou měkčích druhů železa než tvrdších.

V přední podélné zdi peci jsou tři pracovní otvory *H* k jejímu plnění a vyspravování, uzavřené vyváženými dvířky *J* s kukátky. Zvenčí jest pec obložena deskami ze šedé nebo ocelové litiny, pak traversami a dokonale stažena podél i napříč, aby se její zdivo nerozestupovalo. Ke každé peci patří komín, jehož výška má býti 25—30kráte větší než nejmenší světlost; bývá 40—60 *m*.

N o v o d o b é Martinovy peci liší se od starších zejména tím, že se v nich zamezuje vstup stržené strusce do žárojemů, a zvyšuje jejich trvanlivost dokonalejším chlazením čel s plynovými kanály.

Při prudším pochodu bývají totiž vystřikující kapky strusky strhovány zplodinami hoření z prostoru *A* do v y t á p ě n ý c h regenerativních komor, kde zalepují kanálky v ohnivzdorném zdivu. Proto se kladou v novějších pecích pod ústí kanálů *B*, *C*, B_1, C_1 v komorách nádrže *N*, aby se v nich struska shromažďovala. Příklad takové úpravy podávají obrazy I. až III., tab. 25. Pec, znázorněná těmito obrazy, má podélně vydutý strop a dno více prohnuté než pec, nakreslená na diagr. č. 18., což umožněno prohnutím i jeho zevnějšku. Ve vzdušních žárojemech jest po dvou nádržích, jak zřejmo z obr. III., v plynových po jedné společné, širší, umístěné v podélné ose peci, kdežto ve vzdušních komorách jsou u bočních stěn. Z nádrží těch nemůže býti struska odstraňována; musí tedy býti tak veliké, aby vydržely od jedné zastávky ke druhé.

Lépe řeší úlohu tuto úprava, naznačená na obr. IV. téže tabulky. Kanály *B*, *C* neústí přímo do žárojemů, nýbrž do struskových komor (Schlackenkammern) *e*, *f*, umístěných mezi nimi. V komorách se odděluje struska, a plyny jí zbavené vstupují otvory *g* do žárojemů. Komory vyúsťují na zadní straně peci, kde jsou uzavřeny slabou zdí. Po jejím probourání může býti struska snadno odstraněna. Této úpravě lze jedině vytknouti, že směr proudění zplodin se mnohokráte lomí.

Ještě dokonalejší úpravu struskových komor má pec Talbotova, nakreslená schematicky na tab. 26., jelikož zplodiny z ní odcházející vstupují do velikých struskových komor *C*, *D*, *C'*, *D'*, umístěných pod pecí, a z těch po oddělení strusky do žárojemů, uspořádaných před pecí ve směru proudění zplodin.

Byly postaveny také peci, jejichž zařízení k chytání strusky jest kombinací obou, právě poznaných způsobů. Struskové komory mají týž tvar jako na obr. IV., tab. 25., ale jsou umístěny vedle sebe v místě, které zaujímá na jmenovaném obrazci plynový žárojem. Tento byl proto posunut kupředu, jako u peci Talbotovy na tab. 26., a vzdušní zůstal na místě, jež zaujímá na tab. 25.

Další vůdčí myšlenkou nových konstrukcí bylo, zvýšiti trvanlivost peci. Zkujňovacími pochody trpí nejvíce její čela s procházejícími kanály a její klenutí. Trvanlivost čel se zvýší, bude-li jejich zdivo účinněji chlazeno zevnějším vzduchem než je to možno u peci, nakreslené na diagramech, kde svislé části kanálů *B*, *C*, B_1, C_1 běží vedle sebe v jedné rovině. Mnohem více budou chlazena čela, uspořádaná podle obrazu I. tab. 25., kde zdivo kanálů *B* jest odděleno od zdiva kanálů *C*, a ještě dokonaleji, jsou-li kanály provedeny jak znázorňuje obr. IV. téže tab. Byly postaveny i peci s vodním chlazením zdiva těchto kanálů.

Jelikož žárem trpí také horní, více méně skloněné části kanálu, provádějí se výměnné. Takové jsou označeny na obrazech I. a III., tab. 26. písmenami *G* a *G'* (soustava Friedrichova). Čela se svislými i vodorovnými částmi kanálů pecí otočných se dělají pojezdná, aby mohla býti oddálena od hlavního tělesa peci před jeho pootočením a zase k němu přiblížena. Bývají uložena na kladkách a mohou pojížděti směrem podélné osy peci (soustava Huth a Röttger) nebo kolmo k němu (soustava Rheinmetall).

Pec naznačená na obr. IV., tab. 25., liší se od nakreslených na diagramech a na tab. 26. ještě tím, že vrchní části jejích kanálů mají větší sklony, zejména kanály vzdušní *C*. Úpravou tou se dosahuje, že plameny, směřujíce více do lázně, nepůsobí tolik na klenbu a zdivo, což zvyšuje také trvanlivost peci.

Kromě nehybných pecí Siemensových a Martinových jsou i otočné (Kippöfen), rozšířené hlavně v Americe a Anglii, zavedené však i u nás. Staví se na náplně 100—300 *t*. Osvědčily se konstrukce od Campbella

a Wellmanna; poslední provádí se také se zlepšeními od Talbota. Otočné peci se podobají plochým, topeným směšovačům. Campbellova (obr. VII., tab. 26.) leží spodními, na obvodu válcovými výztužnými pásy *d* na mnoha kladkách, které se pohybují, jsouce spolu spojeny, po soustředných drahách *e*, takže se pec otáčí kolem vodorovné osy. Naproti tomu leží každý pás peci Wellmannovy pouze na 4 kladkách (obr. II. téže tab.), upevněných na rovných nosnících. Peci prvé soustavy natáčejí ležaté, peci druhé soustavy stojaté hydraulické válce. Natáčí se prostřední část peci s nístějí, kdežto čela s přívodními kanály zůstávají státi. Aby se při natáčení stykové plochy o sebe nedřely, lze někdy, jak bylo již řečeno, čela peci od vlastního otočného tělesa hydraulicky odšinouti. —

Obrazy I.—V., tab. 26. znázorňují 200tunovou pec Talbotovu (Wellmannovu se zlepšeními od Talbota) ve Vítkovicích. Nístěj jest 14·4 *m* dlouhá, 3·95 *m* široká, a náplň asi 0·9 *m* hluboká. Pec, vyztuženou na všech stranách korýtkovými železy a traversami, objímají dole tři nýtované pásy *h*, na zevnějšku válcové, které přijímají váhu celé střední části peci i s náplní. Každý z pásů leží na 4 válečkách, spojených po dvou deskami *d*, jež se opírají o čepy, uložené v ložiskách *a*, přišroubovaných k rovným nýtovaným nosníkům. Natáčení peci opatřují dva hydraulické válce *b*, pohyblivé kolem čepů v ložiskách *c*. Peci mají čela pevná, s výměnnými částmi *G*, *G'*. Pod čely jsou struskové komory *C*, *D*, *C'*, *D'* a před nimi žárojemy *A*, *B*, *A'*, *B'*. Žhavý vzduch proudí v čelech dvěma svislými kanály *E* nebo *E'*, které se nahoře spojují (obr. V.), a žhavý plyn jediným kanálem *F* nebo *F'*. Obraz IV. je zvětšeným pohledem na výměnnou část *G'* s levé strany, obraz VI. pohledem na tutéž část s pravé strany (viz šipky).

Pec má 5 pracovních otvorů *e*, jejichž rámy i dvířka bývají chlazena vodou; dvířka se otvírají elektromotory. Dva z pracovních otvorů mají žlábky k vypouštění strusky, která se odlívá do vozíků, pojíždějících po kolejích na předu peci, pod pracovní plošinou. Odpust železa jest, jak obvykle, na zadní straně peci. Komín má 2·13 *m* ve světlosti a 55 *m* výšky.*)

Campbellovými pecemi (obr. VII.) otáčejí hydraulické válce *a*, působící na křižák *b*, který spojen s pásem *d* dvěma táhly *c*.

γ. *Pochody.*

Původně zpracovány byly pochodem Siemensovým a Martinovým hlavně odpadky kujného železa, okolků, plechů, pak staré železo, třísky od obráběcích strojů, odpadky plechů z továren na smaltované zboží, starý drát atd., kteréž odpadky byly skoro bezcenné. K zavážce z odpadků přidávalo se nejméně 20% surového železa, aby jeho přimíšeniny

*) Bližší viz: Stahl und Eisen 1913, str. 1860; 1914, str. 945; 1915, str. 971 a 1922, str. 1.

chránily železo odpadků před oxydací za dlouho trvajícího tavení i dlouhého pochodu. Postupem času stoupla však cena odpadků, ba stalo se, že byly dražší než surové železo. Proto zvyšováno množství surového železa v zavážce. Tím stoupl obsah přimíšenin v lázni, a pochod byl prodloužen. K jeho zrychlení přidávány pak lázni kysličníky železa, a sice kysličník železitý (Fe_2O_3), krevel, a železnato-železitý (Fe_3O_4), buď ve tvaru rudy (magnetit) nebo ve tvaru okují. Kyslík těchto přísad spojuje se totiž s přimíšeninami surového železa za redukce železa jím vázaného a napomáhá oxydačním účinkům plamenů. Tento způsob práce vyvinul se tak, že se jím zkujňuje i jen samo surové železo a to tekuté, přivážené od vysokých pecí. Z týchž příčin jako u pochodů konvertorových, vložen byl mezi vysoké a Martinovy peci směšovač, jehož význam zvýšen v některých hutích ještě i tím, že v něm železo částečně zkujňují, aby urychlili postup v peci Martinově.

Pochod Martinův se velmi rozšířil, jest nyní nejdůležitějším, jak zjevno z číselných tabulek 7., 8. a 11., poněvadž dovoluje především výhodné zpracování velkého množství odpadků kujného železa, pak surového s libovolným množstvím fosforu, kdežto Thomasovým lze je zpracovati jen tehdy, má-li fosforu nad 1·7% a Bessemerovým, je-li bez něho. Další jeho předností jest, že lze jím obdržeti jistěji železo předepsaných vlastností, jelikož postupuje zvolna — jsouť i chemické zkoušky možny — a lze jím vyrobiti pohodlně zvláštní materiál (speciální) různými přísadami, jako niklem, manganem a pod. Dnes je Martinovo železo nejlepším obyčejným konstruktivním materiálem, zvláště z pochodu zásaditého, zavedeného všeobecně v našich hutích.

V kyselé peci okysličuje se nejsnáze Mn, v zásadité Si. Uhlík shořuje tím pomaleji, čím nižší je teplota peci a čím více křemíku a manganu lázeň obsahuje; rychleji shořuje v pochodu zásaditém než kyselém. Fosfor může býti vyloučen jenom v peci vyložené zásaditě v přítomnosti mocně zásadité strusky. Síry v kyselém pochodu spíše přibude, jelikož se dostává do lázně z generátorového plynu, v němž se vyskytá jako kysličník siřičitý, vzniklý spalováním kyzu v uhlí, a v zásaditém se jí také značněji neodstraní; smí tedy sázka obsahovati toliko nepatrně síry. Také nemá míti arsenu, antimonu a cínu, kteréž látky by nebyly pochodem z lázně odstraněny a zhoršovaly by výrobek; proto nutno staré železo pečlivě přebírati.

Odpadkový pochod. (Schrotverfahren, Roheisen-Schrotprozess.) Ze samotných odpadků nelze získati plávkového železa. Ty se totiž v době tavení spalují, neboť ač v plamenech jest jen malý nadbytek vzduchu, působí přece oxydačně. Dostala by se tedy z pouhých odpadků lázeň přesycená kysličníky a struska bohatá železem; získané železo by nebylo slévatelné. Pochod je proveditelný pouze tehdy, přidá-li se odpadkům tolik sur. železa, aby jeho součásti, C, Si a Mn, vázaly O přecházející do lázně z plamenů. Ale těchto součástí může býti jenom tolik, aby O pla-

menů je mohl během pochodu spáliti. Proto množství cizích součástí v sázce před počátkem chodu nemá vybočovati z těchto průměrných hodnot: C mezi 0·5—1·6%, Si 0·4—0·8%, Mn 0·8—1·4%, S pod 0·05%, P pro kyselý pochod pod 0·06% a pro zásaditý do 0·5%, v kterémž případě se P odstraní bez jakýchkoli obtíží. Odpadkům na zásaditý pochod se přidává sur. železa bohatého manganem a chudého fosforem, složení: 3·5—4·5% C, 3—6% Mn, 0·5—1·0% Si, pod 0·06% P, pod 0·04% S a pod 0·25% Cu; odpadkům na kyselý pochod šedého železa se značnějším obsahem Si a nižším Mn, složení: 3·5—4·0% C, 0·8—1·5% Mn, 1·5—3·0% Si, pod 0·06% P a pod 0·05% S.

Má-li pochod počíti, nahází se do žhavé peci, je-li zásaditá, podle množství Si a P v sázce, nejdříve 5—12% surového vápence, který se vysokou teplotou peci hned rozloží na CaO a CO_2, a pak sázka, jak bylo již uvedeno, obyčejně z 20—35% sur. železa a 80—65% odpadků kujného železa. Nejčastěji vkládá se do peci napřed vápenec, potom sur. železo v houskách a na konec se vkládají odpadky. V některých hutích kladou sur. železo také mezi odpadky nebo i na ně, aby bylo jejich tavení usnadněno. Odpadky tenkých plechů se sázejí, slisované ve svazcích, poněvadž by zabíraly mnoho místa. Nejrychleji se taví odpadky prostřední tloušťky.

Dříve, dokud náplně byly malé, vhazovala se sázka ručně. Se zvětšováním pecí a tedy i náplní obtíže rostly, neboť ruční vkládání sázky byla práce namáhavá a zdlouhavá. Nyní konají práci tu s á z e c í s t r o j e (Chargiermaschinen, Einsetzmaschinen, Beschickwagen) s elektrickým pohonem. Jeden stroj, pojíždějící buď po pracovní plošině před pecemi nebo zavěšený na pojezdném jeřábu, obslouží 2—3 peci. Ušetří se jím $^2/_3$—$^3/_4$ času, potřebného k ručnímu sázení, a značně dělnictva. Jeho vodorovné rameno uchopuje podlouhlá korýtka, vylisovaná z ocelového plechu, naplněná zavážkou, jež byla přivezena jinými dopravními pomůckami, strká je do pecí, vyklopuje a prázdné zase odkládá. Korýtka pro menší peci jsou na obsah 1000—2000 *kg*, pro velké peci až na 5000 *kg*.

Sázka vložená najednou nebo na vícekráte, vystavena jest účinkům plamenů. Teplota se řídí připouštěním většího nebo menšího množství generátorového plynu a směr proudění obrací každou půl hodinu až hodinu. Počátky obou pochodů jsou stejné. Již při tavení, trvajícím několik hodin, shořuje Si, Mn i C, poněvadž v peci je dostatečný žár. V zásadité peci spaluje se v této době také největší část f o s f o r u, jelikož úhrnný obsah uhlíku není veliký.

Ke konci tavení, kdy teplota lázně stoupla a utvořila se struska poměrně bohatá železem, počne uhlík hořeti ještě účinněji a lázeň vařiti; bylo-li zavezeno mnoho sur. železa, i pěniti. Vařením se lázeň promíchává, všechny částečky železa se dostávají do styku se struskou, jakož i na povrch lázně, kde se oteplují. Teplota plamenů nemůže přesahovati značněji 1700°, má-li klenutí peci a zdivo čel vydržeti, zejména jsou-li plameny

dlouhé a šlehají až k druhým čelům. Mistr pozoruje pec i lázeň sklem, zabarveným modře, které zadržuje část světelných paprsků; kdyby poznal, že se zdivo počíná taviti, sníží teplotu plamenů přivřením plynového ventilu. Teplota lázně jest po dlouhou část chodu as o 200⁰ nižší než teplota plamenů a jenom ke konci se vyžene na takovou výši, jakou pec vydrží. Čím menší je rozdíl mezi teplotou plamenů a lázně, tím rychleji pochod postupuje, ale tím více pec trpí.

Je-li veškerá sázka roztavena, určí se tvrdost lázně zkouškou. Bude tím větší, čím více bylo zavezeno sur. železa a čím tvrdší byly odpadky. Pochod není tedy čistě zkujňovacím, nýbrž kombinací pochodu mísicího s okysličujícím. Zkoušky tvrdosti se provádějí různě. Často se nabere kovu zkušební lžicí (asi 4 *kg*), když byla napřed omočena ve strusce, a vlije do kulaté nebo čtverhranné litinové formičky. Již tok kovu a jeho chování ve formě poučí zkušeného o teplotě a tvrdosti lázně. Kulaté vzorky se vykovou v kotoučky 60—80 *mm* v průměru, kdežto čtverhranné buď v tyče ploché, nebo zase čtverhranné, síly 15—20 *mm*. Vykované vzorky se zakalují s teploty 750—800⁰ ve vodě a lámou. Podle velikosti úhlu ohybu, struktury, zrna, barvy a lesku lomových ploch se soudí o tvrdosti i pevnosti kovu a podle toho, jak se choval při kování plochých tyčí, o jeho lámavosti v červeném žáru.

Vyrábí-li se velmi tvrdá ocel, není zkouška zakaleného vzorku dosti spolehlivou; proto přelamuje se vzorek jenom volně vychladlý. Také se ulité vzorky vždy nekovou; z kyselého pochodu a z tvrdých zásaditých chodů se ztuhlý vzorek přímo kalí a přeráží kladívkem.

Podle výsledku zkoušky řídí se další postup. Je-li lázeň ještě příliš tvrdá a spalování uhlíku postupuje pomalu, přihazují se k jeho zrychlení okuje nebo čisté železné rudy. Postoupilo-li naopak oduhličení příliš, zmírní se uhlíkatými přísadami, surovým nebo zrcádkovým železem. V zásadité peci se pozná podle hustoty strusky, obsahuje-li dosti vápna či ne. Není-li ho náležitě, přihodí se, a opačně, když se stala struska nadbytkem vápna příliš hustou, takže překáží okysličujícím účinkům plamenů, zředí se přidáním kazivce. Opakované zkoušky přesvědčují o klesající tvrdosti kovu.

V zásadité peci se pokračuje ve spalování uhlíku tak dlouho, až jest zcela odstraněn; toliko zřídka přerušuje se pochod v okamžiku, když obsah uhlíku sklesl na předepsané množství. Oproti tomu oduhličuje se v kyselé peci jenom poněkud pod toto množství, aby se šetřilo přísadami. Přerušování zásaditého pochodu jest výhodné pouze při velmi čistých sázkách, chudých fosforem i sírou. Má-li býti v zásadité peci získán výrobek se zvláště nízkým obsahem P a S, odstraní se prvá struska a pokračuje v pochodu po nové přísadě vápna, pod čerstvou, velmi zásaditou a bezfosfornatou struskou. Byla-li sázka z dobrého materiálu a probíhal-li pochod bezvadně, nesmí býti volně vychladlý vzorek s 0·1% C lámavý v červeném žáru a zakalený musí snésti ohyb o 180⁰ aniž by trhl.

Když bylo na konci zkujňovací periody dosaženo žádoucí jakosti lázně, odkysličí se, dodá se jí náležitá tvrdost a odstraní z ní plyny. Lázeň se odkysličuje ferromanganem, surovým anebo zrcádkovým železem; často užívá se také obou látek, ferromanganu a jednoho ze surových želez) společně. Surovým a zrcádkovým železem desoxyduje se tvrdší materiál a dodává mu zároveň i uhlík, kdežto ferromanganem se odkysličují měkčí druhy železa. Do zásaditých pecí nepřidává se ferromanganu více než 1% sázkové váhy, aby konečný obsah manganu nebyl vysoký; k pouhému odkysličení při dobře složené sázce stačí 0·5 % ferromanganu se 60—80% Mn.

Je-li teplota lázně náležitě vysoká, nevyžaduje rozpuštění a stejnoměrné rozdělení přísad delší doby než 5—15 minut. Dodáním uhlíku bylo všeobecně dosaženo i slévatelnosti oceli; kov může býti z peci vypuštěn a vlit do kokyl, aby se získaly špalky, jak se v hutích pravidelně postupuje. Takový kov má však mnoho volných plynů, takže vlitý do ohnivzdorné, pískové formy vaří a dal by bublinaté, málo celistvé odlitky. Proto se při výrobě materiálu k lití ocelových předmětů, jakož i špalků k určitým účelům, přidávají lázni ještě další přísady, jež mají plyn v kovu vázati a činiti neškodným.

K odstraňování plynu neboli k zhušťování oceli upotřebuje se skoro všeobecně ferrosilicia s 8—80% Si. Nízkoprocentní slitiny s 8—12% Si se nahřívají a vhazují přímo do peci; řidčeji se vpouštějí roztavené do pánve při odpouštění oceli. Vysokoprocentní slitiny se přidávají v kusech studené nebo lépe ohřáté do pánve, což jest možné, jelikož jich není více než 0·5 až 1%, takže železo v pánvi značněji neochladí. Účinněji působí přísady, přidané do peci. Má-li ferrosilicium 8—12% Si, přidávají se ho do kovu k lití 2·5—4% sázkové váhy, do kovu na špalky k válení a ke kování 2—3%.

Po přidání ferrosilicia promíchá se lázeň v peci železnými tyčemi. Je-li přísada rozpuštěna, vezme se zkouška, aby byla stanovena tvrdost a slévatelnost kovu. Udává-li její výsledek nejen předepsanou tvrdost, nýbrž i správnou teplotu, vypustí se obsah peci i se struskou do vyhřáté pánve a zbytky z peci i jejích prohlubenin hřeblem pečlivě vyškrábou. Nístěj se prohlédne, vyžraná místa kyselé peci vyspraví křemičitým pískem, zásadité, páleným dolomitem; zvláště bývá pec poškozena v místech, ve kterých se vyložení stýká se struskou. Po opravě peci, zabírající průměrně 15—30 minut času, se odpich ucpe a počne nové plnění. Větší opravy ponechávají se obyčejně na konec týdne, aby nebylo třeba chodu peci přerušovati.

Uhlík možno dodati lázni také podle Darbyho. Desoxydace se provádí skoro výhradně ferromanganem a zrcádkovým železem, jak bylo již uvedeno, ale plyny odstraňují se v novější době účinnějšími přísadami nežli křemíkem, totiž hliníkem, vápníkem a hořčíkem ve tvaru buď jednoduchých nebo složených slitin těchto látek se železem, manganem a kře-

míkem, na př. mangansiliciumaluminiem a siliciumkalciumaluminiem. Ještě mocnější redukční a odplyňovací účinek než tyto složené slitiny mají titan a vanad, ale jsou tak drahé, že se jich obyčejnému konstruktivnímu materiálu nepřidává. Aby se šetřilo drahými přísadami, odkysličuje se lázeň nejdříve ferromanganem a ferrosiliciem, načež se jí teprve přidá malé množství dražších slitin a to do pánve. Ocel zbavená plynů stojí ve formě klidně a nesrší.

Graficky znázorňují vnitřní průběh kyselého i zásaditého odpadkového pochodu obrazy I. a II., tab. 27. Doba a pořadí, v jakém jednotlivé součásti sázky se spalují, závisí na jejich množství v lázni a ve strusce, na vlastnostech vyzdívky, jakož i na teplotě peci.

O p a l činí průměrně 5—8% zavážky; nebyla-li však sázka dobře složena, může dostoupiti 10—12%. C h o d v malých zásaditých pecích na náplně 5—10 *t* t r v á as 3—4hodiny, v pecích na 15—25 *t* 5—6 hodin a v pecích na náplně 50—100 *t* 7—10 hodin. Peci ve slevárnách oceli pracují pouze ve dne, kdy mohou v nich býti provedeny 1—3 chody; v noci se topí na prázdno. Na 1 *t* výrobku se s p o t ř e b u j e v pecích s obsahem 5—10 *t* průměrně 500—400 *kg* kamenného uhlí, v pecích na 15—30 *t* 300—250 *kg* a ve veliké peci na 40—60 *t* se vystačí s 220—170 *kg* kamenného uhlí, zvláště v pochodu rudném. Jiného paliva potřebuje se více v poměru jeho menší výhřevnosti.

Z pánve lije se železo buď do k o k y l na špalky, jako při pochodech konvertorových nebo do pískových forem na o d l i t k y p ř e d m ě t ů, když tyto mají býti, jak se říká, o c e l o v é (Stahlguss). Má tedy také každá slevárna oceli normálně Siemensovy peci, v nichž si vyrábí s a m a kov k lití. Taková slevárna (Škodovy závody v Plzni, Vítkovice, Českomoravská-Kolben ve Vysočanech, Novák & Jahn — dř. J. Raubitschek v Bubnech, Bächer v Roudnici, Storek v Brně, Chabařovice atd.) nekupuje tedy snad ingotů jako kupuje slevárna šedé litiny slévací železo, aby je roztavovala a z nich lila, nýbrž sama si připraví potřebné železo v pecích, jež mají nejčastěji kyselé vyložení, jak bylo také již uvedeno.

S l é v a c í p o l e na špalky v hutích bývá rovnoběžné s pecemi. Veliké špalky se lijí do kokyl, postavených na vozících, na kterých se dopravují do válcovny; obyčejně však kokyly stojí na pevných deskách, uložených buď v rovině hutní půdy nebo zapuštěných v jamách. Slévací pánev dopravuje k nim buď lokomotivní nebo pojezdný jeřáb. Špalky zpracují se na v ý r o b k y z největší části v á l e n í m; kováním pouze na v e l i k é v ý k o v k y (silné hřídele, ojnice a pod.). V případě potřeby ulije se veliký špalek také z v í c e pecí.

Podobný příklad chemického složení výrobků z materiálu Martinova, jaký uveden pro výrobky z kyselého a zásaditého pochodu konvertorového na číselných tabulkách 9. a 10., podává číselná tabulka 12. Ukázky chemického složení materiálu na různé výrobky, získaného zásaditým pochodem

Martinovým v huti nových válcoven ve Vítkovicích, sestaveny jsou na číselné tabulce 13.*) (na str. 176—177).

Číselná tabulka 12.

Výrobky	C%	Si%	Mn%	P%	S%
Tyčové železo	0·06—0·15	sledy	0·35—0·50	0·03—0·05	0·03—0·05
Měkký plech.	0·05—0·12	„	0·30—0·40	0·03—0·05	0·03—0·05
Tvrdý plech.	0·15—0·30	0·10—0·20	0·40—0·80	0·03—0·05	0·03—0·05
Měkký drát..	0·05—0·12	sledy	0·30—0·50	0·03—0·05	0·03—0·05
Tvrdý drát..	0·30—0·70	0·15—0·25	0·45—0·80	0·03—0·05	0·03—0·05

Rudný pochod. (Roheisen-Erzverfahren. Roheisenprozess.) Bylo-li při nedostatku odpadků značněji zvýšeno množství sur. železa odpadkového pochodu nebo mělo-li býti v Siemensově peci zkujněno výhradně sur. železo, trval pochod velmi dlouho. Proto bylo nutno podpořiti okysličující účinky plamenů ještě jinou okysličující látkou, kterou jsou železné rudy (kysličníky), jež se železu v peci přidávají. Sur. železo nezaváží se pevné, nýbrž tekuté ze směšovače; takové může ovšem nahrazovati i pevné železo v normálním pochodu odpadkovém. Největší část železa rudy se redukuje a přechází do lázně, takže váha železa, získaného pochodem, může přesahovati váhu železa v zavážce.

Do peci nutno vsaditi nejdříve náležité množství rudy s vápencem a látky tyto ohřáti; v některých hutích je ohřívají až k teplotě tavení. Potom vlije se do peci opatrně sur. železo. Nastane hned neobyčejně bouřlivá reakce. CO se vyvíjí tak mocně, že hoří dlouhými plameny, i když přívod generátorových plynů jest uzavřen. Lázeň živě vaří. Rudy nesmí býti přidán nadbytek, jelikož by se dostal kov bohatý kyslíkem, lámavý za červeného žáru. Proto bude postup bezpečnější, když se prvá přísada rudy odměří v množství jenom právě postačujícím a její zbytek přidá na vícekráte.

Další část pochodu shoduje se s pochodem odpadkovým. Typický obraz o průběhu rudného pochodu podává obr. III., tab. 27. Obsahy síry a fosforu jsou na něm kresleny v měřítku 20kráte větším než obsahy ostatních součástí. Uhlík klesá dosti stejnoměrně. Síry pochodem neubylo. Součásti, Mn, Si a P, shořely v krátké době $1^3/_4$—$2^1/_4$ hodiny až na 0·005%. Později uvolňoval se P ze strusky vlivem vysokého obsahu uhlíku při každém stoupnutí teploty lázně. Proto má čára fosforu průběh nepravidelný. Také se ze strusky uvolňoval Mn. Rudy bylo přidáno v 5 hod. n 45 minut

*) V poválečné době, kdy byla u nás výroba sur. železa skoro zastavena, nabyl odpadkový pochod v hutích znovu veliké důležitosti.

Materiál	C%
na plynové trubky	0·09
na vrtací trouby	0·10
na trouby beze švu	0·14
na fitingy (tvarové kusy k plynovým trubkám)	0·11
na nosníky	0·12
na měkčí lodní plechy	0·14
na tvrdší lodní plechy	0·19
s pevností 45—55 *kg* na 1 mm^2 a 25—20% prodloužení	0·25
s pevností 50—60 *kg* na 1 mm^2 a as 15% prodloužení	0·29
na vzpružiny	0·31
na kolejnice býv. rak. státních drah	0·48

a v 6 hodin 20 minut; obsahovala SiO_2. Poněvadž sur. železo mělo veliký obsah křemíku (1·89%), trval pochod 6 hodin 45 minut; mělo-li pouze 1·0—1·25% této součásti, trval pouze 5·5 hodiny.

Často mělo býti tímto způsobem zkujněno železo se stejně velikým obsahem fosforu, jaký má železo k thomasování. Pak získala se struska tak bohatá kysličníkem fosforečným, jako struska Thomasova. V těchto případech činilo však obtíž spalování tak velikého množství fosforu v jednom chodu, poněvadž z pevných pecí nelze dobře odstraňovati nasycené strusky a nahrazovati ji čerstvou. Tuto potíž se podařilo překonati několika způsoby, o nichž budou učiněny stručné zmínky.

Pochod Bertrandův a Thielův. Jmenovaní rozdělili na Kladně r. 1897 rudný pochod ve dvě části, prováděné ve dvou pevných Siemensových pecích, ležících nestejně vysoko. Ve vyšší, do které se vložily přísady, rudy i vápenec, ohřály, a vlilo sur. železo, zkujnila se náplň v mírnější teplotě jenom částečně. Rudná sázka byla tak odměřena, aby v této peci shořel Si skoro zcela, P až asi na 0·2% a C na 2—3%. Nevýhodnou okolností bylo, že dna peci narůstalo. Potom byl její obsah přepuštěn žlábky do nižší peci, co nejvíce rozžhavené a při tom zcela odstraněna fosforem bohatá struska. V nižší peci bylo zkujnění po přídavku rudy a vápna, tedy pod novou, velmi zásaditou struskou, dokončeno, načež lázeň odkysličena a dodán jí uhlík. Do této, stále velmi rozžhavené peci, jejíž dno bylo proto rozežíráno, vkládalo se také odpadkové železo. Jelikož zkujňovací doby obou půlek pochodu se často neshodovaly a jedna pec byla nucena čekati na druhou, čímž hospodárnost chodu trpěla, byl pochod na Kladně zastaven, ale vyvinut jednodušeji ocelárnou Hoesch, získavší provozovací právo.

tabulka 13.

Mn%	Si%	P%	S%
0·43	—	0·03	0·025
0·40	—	0·02	0·018
0·50	—	0·02	0·017
0·51	—	0·03	0·021
0·54	—	0·03	0·029
0·49	—	0·03	0·023
0·49	—	0·03	0·027
0·50	—	0·04	0·029
0·57	—	0·04	0·024
0·80	0·24	0·04	0·024
0·87	0·12	0·04	0·030

Pochod ocelárny Hoesch. Firma tato pozměnila r. 1905 pochod Bertrandův a Thielův ve svůj vlastní, prováděný v jediné nehybné peci. Když byl do ní vložen vápenec s rudou, po případě zavezeny i odpadky, vlije se sur. železo a odstraní z lázně Si zcela, P a Mn až na několik desetin procenta (obr. IV. na tab. 27.). Po té vypustí se veškerý obsah peci, železo i struska, do pánve, jejímž nahnutím se struska sleje a kov vlije znovu do téže peci, do které bylo mezitím přidáno nové rudy, vápna i odpadků, a zkujnění dokončí. Jelikož povrch lázně kryje nyní jenom slabá vrstva čerstvé strusky, postupuje oduhličení velmi rychle; také rychle shoří zbytek fosforu až na sledy. Ze zavezeného sur. železa získává se až 104·4% dobrých špalků. Struska z prvé periody pochodu může míti 20—25% P_2O_5. — Pochod tento lze prováděti také v otočné peci, jejímž nahnutím možno strusku s povrchu lázně pohodlně odstraniti.

Pochod Talbotův. Vznikl r. 1898 v Pencoyd Iron Works ve Spojených Státech, v nichž se značně rozšířil. V Anglii je ve Frodinghamu a na evropské pevnině ve Vítkovicích. Může býti označen jako nepřetržitý rudný pochod. Vyžaduje otočné peci s velikým obsahem; vypracován byl v peci 75tunové. Provádí se nejčastěji v pecích 170—200 *t*, na dvou místech také v pecích 250 *t*.

Na počátku týdne naplní se pečlivě vyspravená pec v náležitém poměru rudami, vápnem, odpadky a sur. železem, načež se její obsah zkujňuje. Přestala-li struska účinkovati, slije se nakloněním peci. Když pochod dospěl až k odkysličení, odlije se as ¼ náplně (ve Vítkovicích 65 *t*) do slévací pánve, v níž se pochod dokončí přísadami desoxydačními a dodávajícími uhlík. Z pánve pouští se železo do kokyl na vozíčcích.

Železo zbylé v peci přikrývá vrstva strusky 10—15 *mm* vysoká. Když byla vyzdívka peci ve struskovém pásmu vyspravena, vsype se na lázeň ruda s vápencem a po 15—20 minutách, v kteréž době se obě přísady náležitě ohřály, vlije prvá 30tunová pánev sur. železa ze směšovače; železo toto mívá as 0·9% Mn, 0·2% Si, 1·1—1·7% P a 0·03 až 0·04% S. Když asi po 30 minutách prudká reakce ustala, vyvíjení plynů se zmírnilo a lázeň se ztišila, může býti vlita druhá pánev sur. železa ze směšovače, aby bylo nahrazeno železo odlité do pánve slévací, Druhá reakce jest již mnohem mírnější. Po odlití největší části vzniklé strusky postupuje zkujňování za opakovaných přídavků rudy a vápna normálním způsobem. Průběh vnitřních chemických změn lázně a strusky při pochodu znázorňují graficky obrazy V. a VI., tab. 27.

Výhodou tohoto pochodu jest, že jím může býti zpracováno železo jakéhokoli složení, při menší spotřebě paliva než v pochodech ostatních, přivozené skoro stálou, vysokou teplotou peci a tím i účinnou oxydací, kdežto jeho nevýhodou, že pec možno řádně vyspraviti pouze jednou týdně a pak, že nedává stále stejného materiálu, jelikož se železo odkysličuje a uhelní po částech ve slévací pánvi. Výkonnost nezávisí pouze na velikosti peci, ale i na obsahu fosforu náplně. Bylo-li zpracováno sur. železo skoro bez fosforu, dala 170tunová Talbotova pec ve 24 hodinách 265 *t* výrobku, kdežto jen 200 *t*, když železo mělo 2% P. Pochodem možno získávati měkké i tvrdé železo; ve Vítkovicích vyrábějí materiál s 0·07 až 0·8% C při 0·3% Mn a 0·03—0·02% P.

Pochod probíhá nejvýhodněji, zpracuje-li se as 5% odpadků; jejich množství může býti také větší, na př. i 25%, ale pak pochod prodlužují, poněvadž ochlazují náplň peci. Má-li sur. železo 1·1% P, získává se struska se 14·7% P_2O_5, má-li 1·7% P, má struska 19·02% P_2O_5. Špalků se vyrobí 104—105% váhy zpracovaného sur. železa. Roku 1913 uvedeny byly v činnost v nově postavené huti pro válcovny ve Vítkovicích dvě Wellmannovy peci; jedna z nich působí jako směšovač s obsahem 300 *t*, druhá jako pec Talbotova na náplně 200 *t*. V letech 1915-16 postaveny byly další dvě Talbotovy peci po 200 *t*, stejné s prvou pecí.*) —

V poslední době zkujňuje se částečně rudou a vápnem také ve velikých, topených směšovačích a dokončuje v nehybných pecích Siemensových. Ve směšovači, v němž jest poměrně nízká teplota, odstraní se hlavně Si, S a P. —

Který z poznaných 4 hlavních pochodů volil se ke zkujňování určitého druhu sur. železa? Železo obsahující nejméně 1·7% P zpracovalo se pochodem Thomasovým; obsahovalo-li ho méně, zásaditým pochodem Martinovým. Nemělo-li fosforu, mohlo býti zpracováno pochodem Bessemerovým nebo kyselým Martinovým. Pochod Bessemerův jest neobyčejně výkonný; postupuje nejrychleji. Konvertorové pochody jsou nyní vytla-

---

*) Bližší viz v literatuře udané na str. 169.

čovány. Dlužno však uvésti, že teprve zavedením Thomasova pochodu vyvinulo se a zmohutnělo zvláště naše domácí železářství. —

e. Ocel kelímková.

Přísluší diagr. č. 20. a tab. 27., 28.

Jest nejstarším druhem plávkové oceli. Její puvod sahá až do prvé poloviny 18. století, neboť kolem r. 1730 napadlo Benjamina Huntsmana, hodináře, nástrojaře a mechanika v Handsworthu u Sheffieldu v Anglii, opatřiti si na výrobu per, z nichž mnohá se mu lámala následkem nestejnorodosti svářkové oceli, byť i zjemnělé, z níž jediné je mohl hotoviti, materiál stejnorodý jejím roztavením v kelímku. Pokus se zdařil. V důsledku toho vznikla brzy v okolí Sheffieldu, kdež bylo cementování oceli velmi rozšířeno a vyvinuto, řada tavíren kelímkové oceli.

Dlouho byla vyráběna tímto zpusobem jen malá množství plávkové oceli, odpovídající obsahu jednoho kelímku. Teprve na počátku 19. věku počato u Kruppa v Essenu se sléváním většího počtu kelímků v jeden ingot, z něhož byly pak hotoveny kováním předměty, jejichž vlastnosti měly odpovídati největším požadavkům, jako na př. hlavně děl, duležité strojní součásti, nástroje a pod. K lití předmětů užil kelímkové oceli po prvé Jakub Mayer v Bochumu r. 1851. Lijí se z ní ovšem jen takové předměty, které mají snésti veliká namáhání při nejmenší váze, poněvadž jest poměrně velmi drahá.

Ocel kelímková (Gußstahl) nevyrábí se ze surového železa, jako tomu bylo u všech dosud poznaných druhů oceli, nýbrž již z oceli čisté. Možno tedy o ní právem říci, že jest produktem druhé rafinace. Nejcennější surovinou na její výrobu je chemicky čistá ocel zkujněná v otevřeném ohništi, po případě i zjemnělá, pak nejčistší švédské nebo lancashirské kujné železo, dále ocel cementovaná a pudlovaná, pak čisté druhy oceli Bessemerovy a Martinovy, jakož i kujná železa z těchže pochodů. Méně cenná obdržuje se z obyčejných druhu plávkové oceli nebo železa, a konečně i z tekuté lázně peci Martinovy. Měkkým surovinám dodává se uhlíku čistým surovým železem s nízkým obsahem manganu a křemíku, obyčejně bílým, nebo též železem lupínkovým. Z uvedených látek získá se ocel uhlíková; má-li býti vyrobena ocel speciální, doplňuje se sázka ještě jedním nebo i více kovy pomocnými ve tvaru jejich slitin se železem. Kovy těmi jsou chrom, wolfram, molybden, nikl, kobalt, vanad, titan a j., které se tedy přidávají ve tvaru ferrochromu, ferrowolframu atd.

Ocel svářková jest nehomogenní, nestejně tvrdá; ocel plávková je sice stejnorodá, beze strusky, avšak prostoupena plynovými bublinami. Přetavením těchto ocelí v kelímcích obdržuje se materiál stejnorodý, prostý jak strusky, tak bublin, poněvadž, byv uzavřen za tavení, nemohl podléhati oxydačním účinkům plamenů, nemohl vznikati v něm kysličník

železnatý a plyny měly čas z něho uniknouti. Předstihuje jakostí všechny až posud poznané druhy oceli, zůstávaje i v těch nejtvrdších druzích poměrně houževnatým. Vyslovený primát patřil mu neomezeně až do vyskytnutí se ocelí vyrobených v elektrických pecích, jimiž bude pravděpodobně zcela vytlačen, poněvadž jeho výrobní pochod jest drahý a poměrně málo výkonný. Všechny dobré druhy nástrojové oceli byly dříve oceli kelímkové (dnes mohou býti i z peci elektrické); jen méně cenné druhy jsou z pochodu Martinova.

Výroba kelímkové oceli záleží v podstatě v roztavení sázky, skládající se z uvedených surovin, v kelímku, uzavřeném víkem. V kelímku nenastává však jen prosté tavení, nýbrž jeho obsah jest podroben i pochodům chemickým, tak zv. reakci kelímkové. Mají-li stěny kelímkové nad 30% uhlíku a sázka nad 0·3% manganu, přecházejí z nich uhlík a křemík do sázky a to tím více, čím více jsou překročeny obě uvedené hodnoty; proto možno převésti sázku z kujného materiálu v surové železo. Obsahují-li stěny pod 20% uhlíku, nebo jsou-li bez něho — když kelímky jsou pouze z jílu — přechází naopak uhlík ze sázky do nich. Mangan dostává se obráceně ze sázky do stěn kelímkových, neboť část ho vstoupí do strusky a manganatá struska působí v křemičitou hmotu kelímku tak, že se mangan okysličuje za uvolnění křemíku, přecházejícího do sázky, jak bylo již uvedeno. Pochod tento děje se podle rovnice $2\,Mn + SiO_2 = 2\,MnO + Si$. V sázce nesmí býti ani fosforu, ani síry, jelikož pochodem se nevylučují. Poněvadž velikost reakce kelímkové závisí též na tom, zda byl kelímek k tavení již potřebován či nebyl, užívají některé ocelárny kelímků jen jednou, aby získaly vždy stejný výrobek, ač kelímky by snesly i trojí tavení.

Kelímky bývají hotoveny na obsah 30—40 *kg* oceli (obr. X., tab. 27.). Víka mají uprostřed prohlubeninou seslabené místo (obrazy VIII., IX. a X. téže tab.), které lze při zkoušce železnou tyčí snadno proraziti. Kelímky na tento obsah mívají výšku as 500 *mm*, největší zevnější průměr kolem 270 *mm*, neboť dole u dna jsou nejužší. Tloušťky jejich stěn přibývá ke dnu; bývá od 20 do 26 *mm*. Dno má sílu 26—35 *mm*. Kelímky musí býti velmi ohnivzdorné a nemají za pochodu praskati, poněvadž by jejich obsah vytekl. Proto hotoví si je huti samy, s největší pozorností, buď z jílu bez přísady grafitu nebo s jeho přísadou, takže se rozlišují kelímky jílové a grafitové. Všeobecně skládá se kelímková hmota z grafitu, jílu, šamotu, koksu, dřevěného uhlí, z rozmělněných dřevěných pilin a rozemletých starých kelímků. Grafit a jíl zvyšují ohnivzdornost; prvý zamezuje ještě vnikání oxydačních plynů dovnitř. Ostatní součásti mají přispěti k tomu, aby kelímky nepraskaly velikým a nepravidelným smršťováním při sušení i za ohřevu v peci.

Poměr, v jakém bývají míšeny jednotlivé součásti kelímkové hmoty, závisí na jejich chemickém vlivu na sázku, a pak na tom, zda jest jíl tuhý nebo chudý. Tak se skládají na př. kelímky s nízkým obsahem uhlíku

(20—26%) ze 40 d. šamotu, 33 d. jílu, 20 d. dřevěného uhlí a 7 d. koksu; kelímky s vysokým obsahem uhlíku (40—50%) z 48 d. grafitu, 22 d. jílu a 30 d. šamotu. Kelímky se lisují strojně z hmoty, jež byla jemně rozemleta, navlhčena a dokonale prohnětena. Vylisované se suší 4—8 neděl v sušárnách, v teplotě stoupající povlovně z 20 až na 60°. Sušárny na nižší teplotu mívají topení parní, na vyšší teplotu, vzdušní.

Kelímkové peci mají buď přímé topení koksem nebo plynové, regenerativní. Prvé jsou vhodné jen k vytavování malých množství oceli; nejmenší bývají zařízeny na 1—2 kelímky, větší na 9—18. Palivo hoří přirozeným tahem. Jejich celkové zařízení odpovídá pecím k tavení mosazi a bronzu. V novější době bylo užito častěji i přenosných pecí Piatových, jakož i sklopných Baumannových s většími kelímky.*) Druhé jsou na místě pro velkovýrobu oceli. Mohou býti buď zapuštěné (Tieföfen), založené pod půdou huti nebo nadzemní (Oberirdische Öfen).

Příklad zapuštěné kelímkové peci jest naznačen na obrazech I. a II., tab. 28. Topeniště *A* pro dvě řady kelímků *K*, stojících na podstavcích, aby jejich dna ležela výše a nechladla, jest pod půdou huti. Příčný kanál *N* vyvede železo, kdyby vyteklo z některého prasklého kelímku. Topeniště, jsouc přikryto segmenty *Z*, jež možno zvednouti pákou *Y*, jest přístupno shora. Páka *Y* visí na kladce, pobíhající po kolejnici. Kelímky vkládány a vyjímány jsou horem kelímkovými kleštěmi, zavěšenými taktéž na řetězu (obr. VII., tab. 27.). Ty spustí dělník dolů, zachytí kelímek a řetězem vytáhne. *E*, *F*, *G*, *H* jsou regenerátorové komory. Topení působí právě tak jako popsané při peci Siemensově a Martinově. Když jest generátorový plyn bohat uhlovodíky, hoří dlouhým plamenem, a kelímky lze postaviti do dvou delších řad vedle sebe, jak nakresleno na obr. II. tab. 28. Hoří-li však krátkým plamenem, pak bývá veváděn na bočních stranách peci, takže plameny táhnou kolmo k její délce, při čemž jest rozdělena v několik oddělení. Zapuštěné peci pojmou 12—48 kelímků.

Příklad nadzemní peci nakreslen na diagr. č. 20. Jest nejen podobna Siemensově a Martinově, ale i podobně působí. Kelímky *K* vkládají se do topeniště *A* bočními otvory *B*, jež uzavírají dvířka. Regenerátorové komory leží zase přímo pod pecí, ale obráceně, podélní. Pod její levou pulkou jsou umístěny komory *E*, *F*, vybíhající spodem v kanály *L*, *M*, pod pravou půlkou komory *G*, *H*, k nimž vedou kanály *L'*, *M'*. Větší komory jsou zase na vzduch, menší na plyn.

Zařízení k obracení směru proudění plynu a vzduchu, skládající se z rozvodového tělesa *V* na plyn a rozvodového tělesa *U* na vzduch, stojí v jedné řadě za sebou, nad počátky kanálů *L'*, *P*, *L*, *M*, *Q*, *M'*. Kanály *P* a *Q* jsou kouřové, a vedou ke komínu. Obracení obstarávají u nakres-

*) O těchto pecích jest blíže pojednáno v III. a IV. části mechanické technologie.

leného, původního S i e m e n s o v a zařízení, litinové klapky S, T, ovládané zvenčí pákami P, P_1 se závažími z, z_1. Jsou-li páky a klapky v nakreslené poloze, vchází generátorový plyn při zvednutém talíři rohového ventilu hrdlem X do kanálu M' a tím do komory H, z níž vystupuje ohřátý kanálem H' nahoru. Vzduch proudí za spuštěného ventilového talíře tělesa U do kanálu L', jím do komory G, ve které jest rozžhavován a vychází kanálem G' nad plynem, jenž se zapaluje a hoří. K dokonalému promíšení a shoření procházejí zplodiny ještě roštem J z ohnivzdorného ždiva. Dostavše se do prostoru A obšlehávají kelímky a předávají jim teplo. Jeho zbytek odchází se zplodinami kanály E', F' do komor E, F, které jsou jím vyhřívány. Z komor táhnou zplodiny dále kanály L, M, z nichž přestoupí pod klapkami S, T do kanálů P, Q, spojujících se v jediný R a tímto ke komínu. Otočí-li se klapky S, T přehozením pák P, P_1 do svých druhých krajních poloh, bude obrácen směr proudění nejen plynu a vzduchu, ale i zplodin. V klenbě peci jsou, alespoň nad krajními kelímky, pozorovací a zkušební otvory o.

Před p o č e t í m c h o d u naplní se kelímky odváženou sázkou z krátkých kousků, na které byly ocelové tyče surovin po zakalení zpřeráženy, jakož i přísadami, pokud možno dokonale, aby v nich zbylo co nejméně vzduchu. Naplněné kelímky se obyčejně předhřívají, než se sázejí do žhavé kelímkové peci, v níž by praskaly; někdy se ohřívají ještě prázdné. Tak přísluší na př. v ocelárně firmy Bratří Böhlerové v Kapfenberku ve Štýrsku, která vyrábí výtečnou nástrojovou ocel, ke každé kelímkové peci ještě zvláštní pec předhřívací s roštovým topením a se dvěma odděleními. Prázdné kelímky staví tam nejdříve do nepřímo topeného oddělení této peci, kde zůstanou po dobu jednoho chodu. Pak naplní je materiálem, který má býti roztaven, a ponechávají v témže prostoru po další chod. Na to je vkládají do oddělení zahřívací peci topeného přímo, v němž jest vyšší teplota, a teprve po dalším chodu je přenášejí do vlastní kelímkové peci.

Tavení vyžaduje doby 3—4 hodin. Roztavená ocel počne vařiti, neboť uniká z ní kysličník uhelnatý, vzniklý jednak redukcí kysličníků obsažených v sázce (rez, struska a pod.), jednak redukcí kysličníků vzniklých vzduchem, uzavřeným v kelímku, uhlíkem sázky. Jak bylo již vpředu uvedeno, je tato ztráta uhlíku sázky nahrazována uhlíkem ze stěn kelímkových. Železnou tyčí, prostrčenou zkušebním otvorem a víkem kelímku se zjistí, zda obsah kelímku jest roztaven, a podle strusky na ní uvázlé, jaký je průběh pochodu. Zůstává totiž ocel na počátku tavení na tyči lpěti, kdežto později, když vaření pominulo a ocel zvýšenou teplotou zřídla, lpí mnohem méně. Po vaření nechá se ocel v peci ustáti, aby mohly z ní uniknouti plyny. Když se tak stalo, vyjmou se kelímky a jejich obsah vylije do kokyly nebo formy nahnutím, kdežto struska se zadrží. Lije-li se z v í c e kelímků, nesmí býti proud přerušen, neboť jinak vznikla by na povrchu vlitého kovu hned oxydovaná pokožka, která ne-

vyplove za dalšího lití nahoru, nýbrž způsobí kaz. Z toho důvodu jest lití velikého předmětu z mnoha kelímků obtížné. Pohodlnějším je, když se lije do žlábku, vyloženého ohnivzdorně a ústícího do formy. Též se vylívají kelímky r y c h l e do velmi ohřáté p á n v e, ze které se formy plní jejím nakloněním, je-li pánev malá, nebo spodem, je-li veliká. Pánve mají tu výhodu, že vyrovnávají nestejnosti ocelí, vytavených v jednotlivých kelímcích. Dobrá kelímková ocel teče klidně; ve formě nestoupá.

Je-li sázka pevná, jsou možny 4—5 chodů, je-li tekutá, 5—6 chodů za den, takže jeden trvá 4—6 hodin. Kamenného uhlí se spotřebuje 175 až 200% sázky. Nadzemní peci se staví na 40—120 kelímků a vydrží 400—600 chodů.

Po slití oceli do špalků, jež mívají na nástrojovou ocel váhu 40 až 500 *kg*, na těžké výkovky až 10.000 *kg*, prohlíží se jejich povrch, zda je čistý. Závadné špalky se odstraní a jen bezvadné zpracují dále a to na výkovky kováním, kdežto na nástrojovou ocel obyčejně tím způsobem, že se ztenčí nejdříve válením. Když byly konce vývalků odříznuty, zbytek rozdělen na kratší kusy, odstraněny jejich povrchové chyby odsekáním nebo obroušením smirkovými kotouči, vykovou se do délky, označí podle tvrdosti a známkování v huti obvyklého.

Kelímkové oceli*) se užívá obzvláště na výrobu nástrojů, pak vzpružin, děl, pušek, střel a pod., mimo to na nejlepší konstruktivní materiál, je-li podmínkou, že konstrukce mají býti velmi lehké a zabírati málo místa (na př. stroje torpédových lodí), a konečně k lití nejdůležitějších odlitků.

Nejcennější druhy kelímkové oceli nemají fosforu, síry, mědi a arsenu dohromady více než 0·05%, dobré ne více než 0·08%, prostřední do 0·135% a obyčejné do 0·22%. —

K oceli kelímkové možno přiřaditi ocel W o o t z o v u, d a m a š e c k o u či d a m a s c e n s k o u (Damaststahl), ze které byly hotoveny proslavené, velmi houževnaté zbraně, zejména sečné a bodné. Obdržovala se vysokým ohřevem kujného svářkového železa, vytaveného dřevěným uhlím přímo z rud, s kousky dřeva v kelímcích. Tam kde bylo železo ve styku se dřevem, které brzy zuhelnatělo, přijalo uhlík. Stavši se bohatší uhlíkem, roztavilo se a vyplnilo prostory zbylé mezi kousky železa, jež zůstaly neroztaveny, poněvadž nebyla jejich teplota tavení snížena. Po vychladnutí se kelímky rozbily. Obdrželo se kujné železo, prostoupené četnými žilami oceli, tedy výrobek spojující houževnatost prvého materiálu s tvrdostí druhého. Další zpracování dělo se kováním. Vykované zbraně byly leptány kyselinami, čemuž podléhala měkčí místa více než tvrdší, takže vznikly ony nepravidelné obrazce, charakterisující zbraně damašecké. Prohlubeniny obrazců těch byly vyplňovány také stříbrem a zlatem.

*) Její výrobu v bývalé monarchii, jakož i v našem státě udávají číselné tabulky 7. a 8.

Podle nových poznatků může ocel nabýti vzhledu oceli damašecké také jiným způsobem, totiž určitým tepelným působením. Třeba, aby ocel velmi pozvolna zchladla a byla potom vícekráte (na př. 9kráte) žíhána při teplotě 700—750°, pokaždé po volném vychladnutí. Damašeckou ocel lze získati také bez kelímků svařením tenkých vrstev měkkého kujného železa a tvrdé oceli.

I tak zvaná litina mitisová (Mitisguss), Haberlandova, meteorová, reformní Bosshardtova, fénixová Lindemannova a j., taví se v kelímcích. Ve všech těchto případech mají býti roztaveny úlomky a odpadky zcela měkkého kujného železa, aby z něho mohly býti ulity drobné předměty náhradou za odlitky temperované neboli změkčované, jejichž hotovení vyžaduje mnohem delší doby.

Prvým, jemuž se podařily odlitky ze zcela měkkého kujného železa bez fosforu, byl Švéd Th. Nordenfeldt r. 1885. Roztavoval odpadky švédského železa podkůvkového a nýtového, kterým přidával na 100 *kg* 0·06—0·1 *kg* hliníku. Aby dosáhl vysoké teploty, potřebné k roztavení skoro bezuhlíkového železa, užil kapalného paliva, totiž petrolejových odpadků. Topeniště bylo složeno z plochých, okrajových mís, uspořádaných nad sebou a naplněných palivem, které na nich částečně hoří, částečně přechází v páry. Směs žhavých spálených plynů a hořlavých par proudí tahem komína do peci, zapuštěné v půdě za topeništěm a přístupné shora, kde stykem s druhým vzdušním proudem shořuje. V peci stojí po třech kelímcích ve dvou řadách. Kelímky čerstvě naplněné sázely se na poslední, od topeniště nejvzdálenější místo. Když byly vyňaty kelímky, které stály na prvém místě, v nejteplejší části peci, aby jejich obsah byl vlit do forem, posunuly se na jejich místa další kelímky, až se konečně čerstvě vsazené octly také vpředu. Tímto postupem bylo možno roztaviti 8—10 kelímků v 10 hodinách.

Nordenfeldt pojmenoval získané odlitky mitisovými (mitis = měkký). Poněvadž pochod potřebuje dosti paliva a zvláště kelímků, jest drahý a ujal se jenom ojediněle. Několik let později zlepšil Haberland Nordenfeldtův způsob tavení v tom směru, že vyvodil v koksové kelímkové peci týž žár jako kapalným palivem. Od této doby vyskytlo se mnoho nových pochodů, různě pojmenovaných, jak již vpředu uvedeno, které v podstatě jsou vždy jenom obměnou pochodu Nordenfeldtova a Haberlandova. —

Konečně budiž učiněna ještě zmínka o zlepšování plávkového materiálu v kelímcích, ač postupu tohoto nelze již dobře řaditi k pochodu kelímkovému. Obyčejný plávkový materiál zušlechťuje se dodatečným ohřátím v kelímcích. Kov získaný pochodem Bessemerovým nebo Martinovým, vlije se do kelímků a ohřívá v nich v regenerativní peci půl hodiny i déle. Pak následuje vylití obvyklým způsobem.

Kysličníky, které zbyly v lázni, byly tím částečně vyloučeny, částečně rozloženy uhlíkem ze stěn kelímkových. Kov byl sice zlepšen, ale zůstává následkem své menší celkové čistoty přece jen značně za pravým kelímkovým.

f. **Elektrická výroba plávkového železa.**

Přísluší tab. 28., 29. a 30.

Jest nejnovějším pokrokem v hutnictví, vyvolaným snahou po zlepšení jakosti vyráběného materiálu. Nejlepší jakosti lze získati jediné takovým rafinačním pochodem, který vysokou teplotou a řídkostí lázně umožní bezpečné převedení všech součástí železa do strusky. Při konvertorových pochodech se v peci netopí. Proto není možno teploty lázně, závisící na množství spálených součástí, libovolně zvýšiti. Spíše lze tak učiniti v úzkých mezích při pochodech Martinových, kdy se v peci topí a lázeň přijímá teplo zvenčí. Ale teplota v nich může dostoupiti nanejvýše as 2000⁰. Elektrickou energií lze však vyvinouti žár až 3500⁰. Energie ta nemá na náplň peci jiných vlivů; nutno proto oxydovati součásti železa pouze kyslikatými látkami.

Další výhodou elektrických zkujňovacích pecí jest, že odpadá v nich škodlivé působení paliva nebo zplodin hoření a vzduchu na lázeň (na př. přechod síry, rozpouštění plynů). Teplotu lze v nich snadno říditi a udržovati na náležité výši, úplně ovládati složení vyráběné oceli, odstraniti zbytky P i S a provésti desoxydaci dokonaleji než v jiných pecích. Lázeň může býti delším stáním v peci plynu zcela zbavena, aniž by se měnilo její složení. Lze v nich vyráběti speciální oceli každého složení.

Elektrická výroba plávkového železa a oceli nemá snad nahraditi poznané výrobní pochody, nýbrž je většinou jen doplniti. Podle ceny proudu možno jí buď zkujňovati sur. železo v pevném nebo výhodněji v tekutém stavu, pak taviti odpadky kuj. železa a oceli, nebo posléze dodatečně rafinovati tekutý materiál po skončených pochodech konvertorových i Martinových. Oba prvé případy předpokládají laciný elektrický proud; poslední jest možný i při dražším proudu, snese-li zlepšená jakost výrobků zvýšení výrobních výloh.

Soustav elektrických pecí jest asi 20. Vytápěny mohou býti toliko proudem střídavým; stejnosměrný nemůže přijíti v úvahu. Rozdělitelné jsou ve dvě skupiny, v peci elektrodové a peci indukční. V prvých ohříván materiál teplem světelného oblouku, v druhých, založených na témže principu jako transformátor, teplem odporovým. Rozdělení toto není zcela přesné, poněvadž jak výhradně obloukových tak pouze indukčních pecí je toliko malá menšina; udává spíše, zda pec má elektrody či nikoli, bez ohledu na to, hřeje-li ještě jiným způsobem. K elektrodovým patří peci: Stassanova, Rennerfeltova, Héroultova, Kellerova, Girodova, Cha-

pletova, Nathusiusova, pec Elektrometall a jiné. K indukčním: Kjellinova, Frickova, Hiorthova, Montluçon a Röchlingova-Rodenhauserova.

Z těch buďtež popsány jen typické a nejrozšířenější.

α. Peci elektrodové.

Pec Stassanova (obr. III., tab. 28.). Jest vedle Rennerfeltovy jediná s pouhým obloukovým topením. V původním tvaru, k výrobě plávkového železa přímo z rud, vznikla r. 1899. Nyní má válcové nebo hranolovité těleso s rovným anebo prohloubeným dnem, ukončené nahoře kopulí a provedené z magnesitových nebo dolomitových cihel v plechovém plášti *p*. Náplň jest v ní ohřívána sálavým teplem tří světelných oblouků, tvořících se mezi špičkami tří, pláštěm radiálně do peci sahajících uhlíkových elektrod C, 80—100 *mm* silných, 1·5 *m* dlouhých. Elektrody ty procházejí válcovými komorami *D* s dutými stěnami, jimiž proudí chladicí voda, a leží buď v rovině kolmé k plášti peci nebo něco skloněné v kuželové ploše, svírajíce navzájem po 120°. Na počátku chodu jsou jejich špičky od sebe vzdáleny as 100 *mm*, později následkem vytvořených par z elektrod a vlivem vysoké teploty v peci až 300 *mm*. Světelné oblouky prohýbají se k náplni, nad níž leží špičky elektrod ve výši 60—100 *mm*, tedy v takové vzdálenosti, aby se železo nedostávalo s nimi do styku a nepřejímalo uhlíku.

Pec se otáčí kolem šikmé osy soukolím *a*, *b* a koná 5—6 otáček v minutě. Proto sedí patkami *B* na kruhovém věnci *A*, ležícím na kladkách *v*, které se valí po šikmé kruhové základní desce *Z*. Opěrné kladky *k* udržují osu peci stále v nakreslené poloze. Proud přiváděn dutým stojanem *S*. Otáčením peci jest lázeň pohybována a promíchávána se struskou. Pohybu toho je třeba, neboť tepelné poměry nemohou způsobiti proudění lázně, ohřívané stejnoměrně shora; její nejteplejší vrstvy by zůstávaly stále nahoře. Nové peci se staví sklopné kolem vodorovné osy. Dvířky *d*, dostávajícími se za otáčení peci do různé výšky, možno v určité poloze strusku vypustiti. Hladina lázně se dobře přehlédne. K vyhřívání lze užíti proudu jednofázového i třífázového. Pec tato osvědčila se dobře na výrobu zvláště měkkého železa k lití odlitků, jakož i tvrdých ocelí. Má často velikost na náplně po 1 *t* a nápadně malý opal 2—5% proti 5—10% v jiných pecích; největší dosud postavená je na obsah 4 *t*. Spotřebuje na 1 *t* pevné sázky 900—1000, na 1 *t* tekuté náplně 700—900 KW hodin.

Pec Héroultova. Jest z r. 1906, plně se osvědčila a hojně rozšířila. Naznačena schematicky obrazy I. a II., tab. 29. Staví se nejen na malé, nýbrž nyní i na veliké náplně 15—25 *t*. Ohřívání světelným obloukem, vyzařujícím přímo z elektrody do lázně, bylo již dávno známo, ale nemohlo se ho užíti k výrobě oceli, poněvadž C, vypařovaný z elektrody, přecházel do lázně. To podařilo se zameziti teprve Héroultovi, v jehož peci tvoří

se oblouky mezi elektrodami a struskou, která C přejímá a železo chrání.

Héroultova pec je podobna otočné peci Martinově. Menší mají vodorovný průřez eliptický, velké kruhový. Skládá se ze dvou částí, ze spodku A a svršku B. Plechový plášť spodku P_1 vyzděn nejdříve ohnivzdornými cihlami, načež vypěchována v něm nístěj z dolomitové hmoty, tak připravené, jako k vyložení zásaditého konvertoru. Kolejnice a, připevněné k jeho prohnutému dnu, leží na korýtkových železech b, aby pec mohla býti nakláněna k odlívání strusky a železa; při tom ploché ocelové pásy e zabraňují posuvu peci po železech b. Naklánění jest hydraulické nebo elektrické. Svršek, vyzděný z křemičitých cihel do pláště P_2, konstruován jako odstranitelné víko. Pec má tři otvory, z nichž vypouštěcí na přední straně uzavřen dvířky c, otvory na čelních stranách dvířky d.

Chladicími komorami f ve víku peci procházejí svisle uhlíkové elektrody C_1, C_2 — menší peci mají 2, velké 3 — zavěšené na pravoúhlých ramenech D_1, D_2, z nichž každé pohybováno prostřednictvím tyčí t a pastorků z zvláštními elektromotory, sedícími na konsolách E. Elektromotory staví elektrody působením T h u r y h o regulátoru samočinně na vzdálenost as 45 *mm* od povrchu železné lázně; jest ovšem možná i regulace ruční. Elektrody jsou zapiaty za sebou. Proud, vystupující z C_1, tvoří mezi touto elektrodou a struskou světelný oblouk, prochází struskou do železa, protéká jím a vrací se opačnou cestou, vytvářeje druhý světelný oblouk, do elektrody C_2; na obr. II. znázorňuje jeho průběh šipka. Z toho vyplývá, že pec tato není jenom obloukovou, nýbrž kombinovanou, hřející teplem obloukovým i teplem odporovým náplně. Než toto vydá pouze několik procent, takže nepadá při celkovém výkonu peci na váhu. Kdyby elektrody byly do lázně ponořeny, nevyvinovalo by se dostatečného tepla. Jejich zapnutím za sebou staly se oblouky na sobě závislými. Každý z oblouků vyžaduje voltmetru. Má-li pec tvar eliptický, umísťují se elektrody as do ohnisek elipsy, aby povrch lázně byl stejnoměrně ozařován. Menší peci pracují s jednofásovým proudem 100—110 V napětí a 25 nebo 50 periodami, velké s proudem třífázovým a 50 periodami. Průřez elektrod, majících pro menší peci délku 1·7 *m*, počítán tak, aby na 1 cm^2 připadalo 5—6 amp; spotřebuje se jich na 1 *t* oceli při pevné sázce 10—12 *kg*, při tekuté náplni 2·5—3 *kg*. K výměně třeba doby as 5 minut.

V peci možno zpracovati jak pevné, tak tekuté náplně. Dokud pevná sázka není roztavena, vznikají ve vedení značné proudové nárazy. Proud nezpůsobuje žádného pohybu lázně. Její povrch jest dobře přístupný a přehledný. Spotřeba proudu na 1 *t* oceli v peci 1tunové jest při pevné sázce 1040, při tekuté náplni 340 KW hodin, v peci 10tunové v prvém případě 680, v druhém 150 KW hodin. Spotřební čísla nemohou býti absolutní, neboť závisí v prvé řadě na druhu sázky, na množství nečistot a na tom, jak rafinace má jíti daleko. V zásadě je spotřeba proudu všech elektrických pecí stejná. Rozdíly mohou býti způsobeny jenom různě velikými ztrátami sáláním a velikostí pecí. Přibližný vliv těchto okolností,

zvláště druhu sázky, stupně rafinace a velikosti peci na spotřebu proudu na 1 *t* udávají obrazy VI. a VII., tab. 28.

Má-li býti vychladlá pec vyhřáta, naplní se koksem, aby spojoval obě elektrody. Vyhřátí vyžaduje doby as 2 hodin; k vyhřátí peci nově vypěchované třeba 4 hodin. Spodek peci vyspravuje se po každém chodu; vydrží dlouho. Svršek nutno vyměňovati po 2—3 týdnech; výměna vyžaduje doby as 2 hodin.

Další velmi dobrá oblouková pec, Héroultově podobná a po ní nejrozšířenější, jest pec

Girodova. Naznačena obrazy III. a IV., tab. 29. Skládá se zase ze dvou částí *A*, *B*, provedených v plechových pláštích P_1, P_2. Vodorovný průřez má buď kruhový nebo čtverhranný se zaoblenými rohy. Nístěj vypěchována z magnesitové nebo dolomitové hmoty; svršek vyzděn z dinasových cihel. Pec jest otočná na válečkách *v*; pohyb opatřuje elektromotor. V její přední straně upraven odpouštěcí žlábek s hradítkem *c*, v zadní jsou pracovní otvory uzavíratelné hradítky d_1, d_2, d_3 (malé peci mají toliko jeden otvor).

Pec tato liší se od posléze jmenované hlavně tím, že víkem prochází toliko jedna, u velikých pecí, jaká nakreslena, sice 2—4 uhlíkové elektrody C_1, C_2, C_3, C_4, avšak stejné polarity. Jsou tedy zapiaty paralelně a drženy i pohybovány ručně nebo mechanicky, právě tak jako na peci Héroultově a také stejně přiváděn k nim proud pohyblivými kabely; uhlík z nich zachycuje zase struska. Místo druhé elektrody zasazeny do dna spodku peci nehybné poly *k*, jichž bývá v malých pecích 6, ve velkých 16. Jsou z téhož kovu, jaký má býti taven, nejčastěji z měkkého plávkového materiálu a ze spodu chlazeny vodou, aby se neroztavily. Jejich vrchní konce přecházejí za chodu pozvolna z těstovitého stavu do tekutého a během chodu se buď poněkud utaví nebo narostou. Proud přecházeje z elektrod do strusky vytváří světelné oblouky a jde lázní do pólu ve dně peci. Pec hřeje zase jen teplem obloukovým, neboť ohřev odporem lázně nevydá skoro ničeho.

Girodovy peci staví se ve dvou velikostech, na 2—2·5 *t* a na 10—12 *t*. Jelikož odpor v nich je malý, stačí v malých pecích napětí 60—65 V, ve větších 70—75 V. Toto mírné napětí je pro personál méně nebezpečné než vyšší u peci předcházející. Napájejí se proudem jednofásovým. Jsou zvláště výhodné pro zpracování pevných sázek z drobných až jemných odpadků. Po nahození odpadků spustí se elektrody až na ně. S počátku taví se odpadky teplem odporovým a teprve později, když je jich část již roztavena, teplem obloukovým. Za tavení nastávají v elektrickém vedení sice také proudové nárazy, ale slabší než v peci Héroultově. V roztavené lázni vzniká vlivem proudu pohyb od stěn ke středu peci, tam ke dnu a zpět ke stěnám. Čilost cirkulace roste s napětím proudu, avšak ubývá jí s výškou lázně; proto nebývá tato větší než 400 *mm*. Ztráty sáláním jsou v obou soustavách

asi stejné; v peci Girodově přistupuje k nim ztráta způsobená chlazením spodních elektrod. Spotřeba proudu na 1 *t* výrobku, jakož i elektrod je přibližně stejná. Kontakt při vyhřívání studené peci způsobován zase koksem. Nevýhodou této soustavy pecí proti Héroultovým jest, že v centrálách s třífázovým proudem je třeba nákladného motorgenerátoru. Vlastní jednofázový alternátor byl by dražší než třífázový.

β. *Peci indukční.*

Jsou přizpůsobenými transformátory, v nichž primérní proud vysokého napětí a nízké intensity indukuje v sekundérním vinutí proudy nízkého napětí a veliké intensity. Sekundérní vinutí nahrazeno v nich jediným, v sebe uzavřeným kruhovým žlábkem, naplněným kovem, jenž má býti rafinován. Tavení děje se teplem odporovým; není tedy přehřátí lázně na některých místech možné. Také v nich lze dosíci teploty až 3500⁰, avšak s tím rozdílem, že změnou primérního napětí jest v nich udržitelna každá teplota až do této největší, kdežto světelný oblouk má vždy teplotu 3500⁰. Proti elektrodovým vyznačují se snazší obsluhou, větší jednoduchostí, neboť s elektrodami odpadají i veškerá složitá zařízení k jich vedení, pohybu a chlazení v průchodech víky nebo pláštěm, a pak tím, že mohou býti stavěny na každé napětí, které jest po ruce. Jsou zase buď jenom indukční nebo s hřátím kombinovaným. Příkladem peci j e n o m indukční je pec

Kjellinova z r. 1900; byla prvou, jež v praksi prorazila. Původní, stabilního uspořádání, naznačena na obr. I. a II., tab. 30. Žlábek *A*, nahrazující sekundérní vinutí transformátoru, vypěchován pomocí modelu z magnesitové nebo nyní i dolomitové hmoty na podezdívce *E* z ohnivzdorných cihel, jež obejmuta pláštěm *P* a přikryta víkem *B*, složeným ze segmentů z křemičitých cihel, vyztužených železem. Segmenty zdvihají se k plnění nebo pozorování náplně buď ručně nebo na větších pecích jeřábem.

Středem kruhového žlábku *A* prochází svislé jádro transformátoru *C*, složené z měkkých, 0·5—0·3 *mm* silných plechů, polepených jak obvykle po jedné straně papírovou isolací. Jádro má průřez křížový, ostatní ramena transformátoru čtvercový. Křížový průřez připouští nejmenší průměr válcového vinutí. Zbylými volnými rohy proháněn chladicí vzduch. Cívka *D* s primérním vinutím objímá jádro ve výši žlábku. Proti teplu, sálajícímu ze zdiva, chrání ji mosazný plášť *F* s dvojitými stěnami, chlazený taktéž vzduchem. Plášť ten nemůže tvořiti uzavřeného kroužku, poněvadž by byl indukčními proudy, v něm vznikajícími, roztaven; proto jej doplňuje na jednom místě dřevěná vložka na plnou válcovou plochu (obr. II. téže tab.). Kov i struska se odpouštějí oddělenými odpouštěcími otvory, uspořádanými v různých výškách. Větší peci, stavěné nyní až na náplň 8·5 *t*, jsou otočné, s ručním, hydraulickým aneb elektrickým skláněním. Primérní

cívka spojena přímo s vysoko napiatým jednofázovým proudem, na př. 5000 i více volt a intensity 90 amp.

Studenou pec před uvedením do chodu možno ohřáti jen tím způsobem, že do dukladně vysušeného žlábku *A* se položí věnec, buď litinový nebo sešroubovaný z kujného železa, a zapne primérní proud. Prsten se indukovanými proudy rozžhaví a ohřeje stěny žlábku sálavým teplem až do červeného žáru. Vlitou tekutou náplní kroužek se roztaví, a počne pravidelný chod peci. Je-li zpracován tekutý materiál, vylije se po dokončeném chodu obsah peci zcela, neboť do žlábku k dalšímu chodu nově vlitý jest hned zase ohříván. Zpracován-li však pevný materiál, nutno ponechati po skončeném chodu při vylévání ve žlábku tolik, aby z něho zbyl ještě uzavřený kruh, na který se odpadky naházejí. Aby zmenšeno bylo množství kovu, který musí býti v peci ponechán, na nejmenší zbytek, má žlábek průřez dolů se zužující. Tímto poněkud obtížným způsobem nutno zatápěti všechny indukční peci.

Elektrické poměry v peci Kjellinově jsou výhodné, neboť uvádějí lázeň ve žlábku samočinně do pohybu. Stavějí ji totiž odstředivě, t. j. na zevnější ploše žlábku výše než na vnitřní, takže její hladina je značně dovnitř skloněna, jak znázorňuje obr. V., tab. 28. Proto stéká kov po této šikmé ploše od zevnější stěny k vnitřní a na zevnější zase vystupuje, čímž lázeň je dobře promíchávána a výstup nečistot usnadněn; proudění to je tak mocné, že jím trpí stěny žlábku. Kolísání v elektrickém zatížení se skoro ani nevyskytá, což jest velikou předností indukčních pecí. Seznáno však, že faktor účinnosti klesá s rostoucí náplní tak rychle, že *cos* φ stává se brzy roven 0·50. Tomu lze čeliti jediné snížením počtu period. Proto bylo nutno jíti pro náplně 0·5 *t* na 25, pro náplně 1·5 *t* na 15 a pro náplně 8·5 *t* až na 5 period. V důsledku toho je třeba zvláštních, drahých strojů; generátor na 5 period jest na př. dvakráte dražší než na 25 period.

Kjellinova pec se osvědčila znamenitě při přetavování čistých odpadků a výrobě speciálních ocelí po způsobu pochodu kelímkového. K dokončování rafinace po předcházejícím zkujňovacím pochodu, na př. Thomasovu, nedala uspokojivých výsledků, poněvadž tvar tavicího žlábku není vhodný, povrch lázně není přehledný a pec nemá většího, snadno přístupného pracovního prostoru pro práci se značným množstvím zásadité strusky.

Zkušenosti, jichž nabyli inženýři Röchling a Rodenhauser v hutích ve Völklingen, v nichž pec Kjellinova byla postavena, vedly r. 1906 po značných změnách původní konstrukce k peci

Röchlingově a Rodenhauserově na jednofázový proud s kombinovaným topením. Byla totiž obě jádra transformátoru opatřena primérním vinutím a více od sebe vzdálena, aby vznikla mezi nimi prostornější nístěj, která ohřívána ještě topením odporovým. Pak mohlo býti užito pro peci až do 3 *t* náplně, proudu s 25 periodami. To vyžadovalo

však přece ještě drahých strojů. Proto konstruovali jmenovaní pec na proud třífázový, která až do velikosti 3 *t* mohla býti napájena proudem s 50 periodami a tudíž připojena beze všeho na každou tovární i městskou síť, a větší, na náplně od 10 do 15 *t* proudem s 25 periodami. Takovou větší pec na třífázový proud znázorňují obrazy III. a IV., tab. 30.

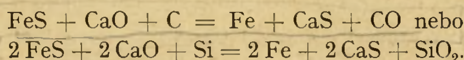
Transformátor má 3 jádra, jež nejsou v jedné rovině jak obyčejně, nýbrž v rozích trojúhelníku. V pohledu shora mají se spojujícími rameny tvar podkovovitý, aby vznikla hodně velká nístěj. Pec samu tvoří zase plechový plášť *P*, jehož zevnějšek vyzděn ohnivzdornými cihlami *A*, kdežto vlastní nístěj vypěchována z dolomitové hmoty *B*. Pec přikryta klenutými segmenty *C*, zvedanými jen k opravám nebo k novému pěchování. Celé těleso peci, s nímž transformátor pevně spojen, jest otáčivé na válečkách *v*. Sklánění opatřuje elektromotor šroubovým převodem.

Kolem každého z jader *F*, obdélného průřezu, provedeno primérní vinutí *G* a sekundérní *H*. Primérní vinutí, spojená s generátorem, indukují proud jak ve vinutí *H*, tak i ve žlábcích *D*, běžících kolem jader transformátoru a přecházejících v manipulační prostor *E*. Lázeň v tomto je ohřívána ještě teplem odporovým. K tomu účelu spojeno sekundérní vinutí *H* měděnými vodiči *b* s pólovými kovovými deskami *a*, zazděnými do stěn peci a zapěchovanými do hmoty *K* (obr. III.) tak, že proud z vinutí *H* přechází z nich hmotou *K* do lázně a touto k protějším pólovým deskám. Druhé konce drátů sekundérního vinutí spojeny jsou s nulovým vodičem *c*. Hmota *K* připravena jako vodič druhého řádu, t. j. vodí teprve při vysokých teplotách, až se rozžhaví; nepodléhá během pochodu žádnému, nebo jen zcela nepatrnému opotřebení a je vyloučeno znečištění lázně. Proti sálavému teplu peci chrání vinutí tenkostěnné měděné válce d_1, d_2, kterými protlačován chladicí vzduch, vháněný elektrickým ventilátorem trubicemi *e*. Vzduch ten proudí také mezi oběma vinutími a jádrem. Vnitřní válec d_2 má zařízení k chytání prachu. Žlábky *D* jsou přikryty magnesitovými cihlami. V bočních stranách, mezi jednotlivými jádry, upraveny pracovní otvory *f*, *g*, ke vkládání sázky a přísad, v přední stěně vypouštěcí žlábek s hradítkem *h*.

Postup při vyhřívání, plnění, jakož i vyprazdňování peci je týž jako při peci Kjellinově. Lázeň uváděna elektrickými proudy také samočinně v pohyb. Proudí od středu nístěje ke stěnám a v přední části prostoru *E* vzniká ještě kruhový vířivý pohyb. Pec tato osvědčila se velmi dobře nejen k dodatečné rafinaci po skončeném pochodu Thomasovu, nýbrž i ke zpracování pevných sázek.

Hutnické postupy prací v elektrických pecích liší se podle toho, je-li náplň pevná nebo tekutá, jaký materiál má býti získán a jak rafinace má jíti daleko. Pevná sázka znamená vždy mnohem větší spotřebu proudu, jak zjevno z obrazů VI. a VII., tab. 28. Nepřihlíží-li se k tavení, možno v rafinačním pochodu rozlišovati dva oddíly. V prvém se lázeň okysličuje a zbavuje fosforu, v druhém odkysličuje a odsiřuje. Čas potřebný k chodu

závisí na sázce a na požadavcích, kladených na výrobek. Fosforu zbavuje se lázeň okysličovací struskou v přítomnosti vápna, síry buď vápnem a uhlíkem nebo vápnem a křemíkem (nikoli manganem jako v peci Martinově) podle rovnice



$$FeS + CaO + C = Fe + CaS + CO \text{ nebo}$$
$$2\,FeS + 2\,CaO + Si = 2\,Fe + 2\,CaS + SiO_2.$$

Ale podmínkou pro dokonalé odsíření lázně je struska, neobsahující žádného železa a zcela odkysličená lázeň, což je možné pouze v elektrické peci. Odkysličovati lze buď ferrosiliciem nebo karbidem vápenatým, manganem a j. Poněvadž lázeň může v peci státi, aniž by na ni působil atmosférický vzduch, lze získati materiál „vystálý", bez pohlcených plynů.

Řádně vedeným rafinačním pochodem možno převésti do strusky všechny látky přístupné okysličení až na mizivé zbytky a v důsledku toho vyráběti čisté druhy železa a zvláště ocelí i z méně cenných surovin. Materiál z elektrických pecí se vyznačuje proti materiálu z ostatních pochodů kromě toho, že může míti jenom sledy P a S (na př. 0·003%) a že je bez plynů, ještě stejnorodostí lomu, vyšší pevností, pružností a houževnatostí, jakož i výbornou kujností, válitelností a svárností vlivem dokonale provedeného odkysličení.

Postup v peci Röchlingově a Rodenhauserově. Je-li pec studená, nutno ji nejdříve ohřáti vložením železného kroužku na žádoucí výši, načež se do ní vlije na př. zkujněné železo z úplně dokonaného pochodu Thomasova; je-li náležitě žhavá od předcházejícího chodu, možno do ní vlíti novou náplň přímo. Zpracuje-li se pevná sázka, třeba pec pro prvý chod ohřáti týmže způsobem jako pro náplň tekutou, načež se do ní nahází sázka všemi otvory a roztaví; po skončeném chodu ponechá se v ní z odlívané lázně tolik kovu, aby stačil na uzavřený kruh, na který se potom odpadky nahazují.

Ať chod počal kteroukoli z naznačených variant, nahodí se na lázeň pálené vápno a okuje, nebo pálené vápno a železná ruda. Pak přesvědčuje se hutník zkouškami o množství fosforu v lázni; je-li třeba, přidá ještě okují nebo rudy. Když byl fosfor náležitě spálen, zhustí strusku vzniklou z přísad vápnem, vypustí ji nakloněním peci a zbytek s povrchu lázně pečlivě shrne. Struska tato obsahuje i něco železa. Má-li býti vyrobena uhlíková ocel, přidá lázni náležité množství uhlíku ve tvaru koksového prášku. Nyní vytvoří náhozem vápna, něco kazivce a písku novou strusku, aby odstranil síru, a zároveň lázeň odkysličí ferrosiliciem.

Tuto druhou strusku ponechá na lázni tak dlouho, dokud nepřestanou se na ní ukazovati plaménky, t. j. dokud z ní všechny plyny neunikly. Struska tato je zcela bílá, tedy bez železa, rozpadávající se na vzduchu v prášek. Krátce před vypuštěním lázně přidá — je-li toho třeba — ještě ferromanganu a ferrosilicia, nebo má-li vyráběti oceli zvláštní, dalších slitin, které se v lázni v několika minutách rozpustí. Následuje vylití

kovu do pánve. Jednofázová pec na náplně 1·5 *t*, potřebuje k rafinaci studených odpadků na ocelovou litinu 3—3½ hodiny času. Graficky znázorňuje vnitřní chemické změny v peci Röchlingově a Rodenhauserově obr. IX. na tab. 28.

Postup v peci Héroultově. Odfosfoření postupuje jako v peci dřívější. Když však odstraněna byla odfosforovací struska, pokryje hutník lázeň práškovitým koksem a nahází na ni vápno k vytvoření druhé strusky, bez kysličníků železa. Ale uhlík koksu nemá zde býti prostředkem dodávajícím uhlík, nýbrž odkysličovacím, neboť vlivem světelného oblouku utvoří se při tavení této strusky karbid vápenatý. Přidává též něco manganové rudy, z níž redukovaný mangan působí také oxydačně. Má-li býti v Héroultově peci vyráběna tvrdá ocel, dodává se lázni uhlík až po úplné rafinaci. Oceli na odlitky přidává se také ještě ferromanganu a ferrosilicia. Graficky znázorňuje pochod obr. VIII., tab. 28.

Roku 1914 bylo na celém světě 238 elektrických pecí a to Héroultových 69, Girodových 33, Stassanových 23, pecí značky Elektrometall 20, Chapletových 15, Nathusiových 8, Kellerových 8 a jiných soustav 19, potom Röchlingových a Rodenhauserových 20, Kjellinových 14, Frickových 6, Hiorthova 1 a jiných soustav 2. Z těch připadalo na býv. Německo s Luxemburskem 61, na Francii 37, Spojené Státy 30, Anglii 21, Švédsko 19, býv. Rakousko-Uhersko 17, Norsko 14, Italii 13, Rusko 10, Belgii 4, Kanadu 3 a na Švýcary také 3. Z domácích oceláren má Poldina huť na Kladně pec Kjellinovu a Röchlingovu i Rodenhauserovu, slevárna oceli Škodových závodů v Plzni pec Héroultovu.

V některých závodech užívá se elektrických pecí, jak bylo již naznačeno, k přípravě materiálu k lití předmětů, v jiných výhradně k výrobě nástrojové oceli a v ostatních k dokončení rafinace materiálu, zkujněného pochodem Bessemerovým, Thomasovým i Martinovým. V poslední době upotřebilo se jich s plným úspěchem také k roztavování ferromanganu, potřebného k odkysličování a dodávání uhlíku při výrobě plávkového materiálu. Průměrnou spotřebu proudu na 1 *t* roztaveného ferromanganu udává obr. IV., tab. 28.

3. **Výroba cementované oceli a poocelování.**

Přísluší diagr. č. 21. a tab. 31.

Jak pochody konvertorovými, tak Martinovými vyrábí se ocel ze surového železa. Odedávna však bylo užíváno i cesty obrácené, totiž, že čisté měkké kujné železo se mění v ocel umělým zvětšením jeho obsahu uhlíku. Pochod tento, t. zv. cementování (Zementieren), byl znám již v 17. století. Rozšířiv se během příštího věku v Anglii, zdomácněl hlavně v Sheffieldu. Když pak seznáno, že cementovaná ocel jest výtečnou surovinou na výrobu oceli kelímkové,

poněvadž má při vysokém obsahu uhlíku jen nepatrně manganu, fosforu a síry, rozšířilo se cementování i v jiných zemích. Tak jím prosluly v Německu zvláště kraje kolem Remscheidu a Solingen, v nichž se ujalo trvale od r. 1811. Dosud se udrželo ve Švédsku; v Německu je v činnosti již jenom jeden závod.

Volí se k němu nejměkčí svářkové kujné železo ve tvaru plochých tyčí, získané buď zkujněním v otevřeném ohništi nebo pudlováním ze surového s nízkým obsahem fosforu a síry (na př. švédské, složení: 0·05% C, 0·045% Si, 0·025% Mn, 0·007% S a 0·010% P), takže jest, nepřihlíží-li se ke strusce, skoro chemicky čisté, kdežto plávkové obsahuje pravidelně mangan, nezřídka křemík i síru. Tyče ty, obklopeny byvše vzduchotěsně dřevěným uhlím v ohnivzdorných cementovacích žlabech, se žíhají dlouho za vysoké teploty. Z dřevěného uhlí vstupuje uhlík do železa, měně je v ocel.

Dříve se soudilo, že za žíhání proudí z uhlí do železa pevný uhlík. Z výsledků nových pokusů lze však usuzovati, že činí tak kysličník uhelnatý, jenž se rozpadá v železe podle rovnice $2\,CO = CO_2 + C$ na kysličník uhličitý a uhlík, kterým se pak sytí žhavé železo. Množství uhlíku, přešlého do železa, závisí na výšce teploty, na době žíhání, jakož i na tloušťce tyčí.

Žíhání se děje v cementovací peci. Příklad anglické nakreslen na diagr. č. 21. Pec s jedním topeništěm mívá jeden nebo dva cementovací žlaby *E*, *F*, obyčejně 2·75—3·5 *m* dlouhé, 0·8—1·0 *m* široké a 0·8—1·2 *m* vysoké. Žlaby jsou buď vypěchovány z ohnivzdorné hmoty nebo častěji vyzděny z cihel šamotových nebo křemičitých. V tomto případě musí býti spáry dobře vyplněny, aby nemohl jimi vnikati za pochodu dovnitř vzduch. Každý ze žlabů pojme 8—14 *t* plochých tyčí z kujného železa, obyčejně 50—130 *mm* širokých, 8—20 *mm* silných, o něco kratších než jest uvedená délka žlabů.

Žlaby jsou v peci tak uloženy, aby na ně působily plameny se všech stran stejnoměrně. Proto spočívají na řadě pilířků *B*, *C*, *D*, také z ohnivzdorného zdiva, které je vyztužují i na bocích. Mezi pilířky zůstávají prostory, tvořící souvislé kanálky, jimiž proudí zplodiny hoření z topeniště *A*; v půdorysu činí je zřetelnými vržený stín. Na rošt topeniště možno nahazovati palivo oběma čely. Vzduch potřebný k hoření vstupuje pod rošt popelníkem *N*. Topeniště přepíná klenutí *T*, v němž jsou ponechány proti každému kanálku tři otvory, z kterých prostřední jsou úzké, oba boční široké, aby zplodiny nešly jen přímo vzhůru kanálky mezi pilířky *C*, nýbrž i pod žlaby a kolem jejich zevnějších stěn a je stejnoměrně ohřívaly. Prostor nad žlaby je též překlenut. Vedou do něho průlezy, uzavřené za chodu dvířky *L*, pak pozorovací otvory *a*, *b*, *c*, *d*, jimiž, jsou-li dostatečně veliké, mohou býti také dovnitř vkládány tyče, a konečně i otvory pro zkušební tyče, ponechané v čelech žlabů proti otvorům *e*.

Z peci odcházejí zplodiny hoření do komína třemi kanály *G* na levé straně a třemi *H* na straně pravé; jejich ústí lze zvenčí více nebo méně přikrýti šoupátky *J* a tím buď snížiti nebo zvýšiti teplotu v některé části žlabů. Zdivo čárkované na diagramu hustě je šamotové, ostatní, stažené v obou směrech šrouby, obyčejné; prostory v tomto tečkované, jsou isolační, vyplněné popelem. Německé cementovací peci mívají jen po jednom žlabu nad roštem.

Pochod počíná plněním žlabů. Jeden dělník pracuje v peci, druhý mu vše potřebné podává. Nejdříve pokryje dno žlabů vrstvou jemného písku, moučky šamotové nebo pod., aby látky tyto ucpaly spáry, jež by případně vznikly roztažením žlabů žárem, a zamezily přístup vzduchu. Na vrstvu tu nanese prvou vrstvu prosátého dřevěného uhlí, velikosti as hrachu, 60—80 *mm* vysokou, do které uloží a vtlačí prvou vrstvu tyčí, jež musí býti obklopeny uhlím se všech stran stejnoměrně, aniž se smějí dotýkati. Vhodnějším k cementování jest uhlí ze stromů listnatých než z jehličnatých. Také necementuje se vždy čerstvým uhlím, nýbrž často směsí z 1 d. uhlí starého a ze 2 d. čerstvého. Na uložené tyče přijde další vrstva uhlí, zase tyče atd., jak patrno z příčného řezu žlabem.

Aby mohl býti pozorován postup cementování, nechají se konce zkušebních tyčí vyčnívati ze žlabů otvory *e*. Když naplněny byly naznačeným způsobem oba žlaby až do výše asi 100 *mm* od vrchních okrajů, přijde na nejhořejší uhelnou vrstvu neprodyšná přikrývka, skládající se nejdříve z vrstvy staré cementovací hmoty, potom z moučky cihelné nebo písku, smíšeného s ocelovými pilinami.

Poté se průlezy zavrou, utěsní omazáním hlinovou maltou, kterou se omaží i tyče, vyčnívající ze zkušebních otvorů, a v peci se zatopí. S počátku topí se mírně, načež se nechá teplota tak stoupat, aby dosáhla za 1 a ½ dne výše as 1000°. Na této udržována jest pak po 7—12 dnů podle tloušťky tyčí, jakož i dle toho, jak tvrdá ocel má býti získána. Cementování pokračuje od povrchu. Neproniklo-li ještě celý průřez tyčí, jsou tyto proměněny v ocel jen na zevnějšku, kdežto jejich vnitřek zůstal kujným železem. K bezpečnému poznání stupně cementačního vyjímají se zkušební tyče občas z peci a na jejich lomu pozoruje jak hluboko do nich uhlík vnikl.

Bylo-li kujné železo úplně proměněno v ocel, neb možno-li souditi, že se promění do vychladnutí peci, přestane se topit. Nejdříve ochlazuje se pec zvolna při zavřených popelníkových dvířkách a teprve, když její teplota klesla pod červený žár, ochlazuje se rychleji otevřením popelníku, topeniště i průlezů. Celkem trvá chladnutí peci, po němž možno přikročiti k vybírání ocelových tyčí, 5—7 dnů. Je tedy doba potřebná k zatopení, žíhání a chladnutí, 15—20 dnů. Připočte-li se k ní doba, kterou vyžaduje vkládání a vyjímání tyčí, potřebuje jeden chod celkem 3—4 neděle. Na 1 *t* vyrobené oceli je třeba 100—150 *kg* dřevěného uhlí cementačního a 1000—2000 *kg* uhlí kamenného, jako paliva.

Vyňaté tyče, na povrchu bublinaté, nejsou stejně tvrdé. Proto třídí se především podle lomu, který je lupenatý. Bubliny vznikají z oxydů železa, tvořících hlavní součást strusky, zbylé v každém svářkovém železe, jelikož uhlík redukuje je částečně na kysličník uhelnatý, jenž bublinatost způsobuje. Avšak ani týž průřez tyče nemá stejné tvrdosti; kromě toho obsahuje získaná ocel ještě i zbytky strusky. Nelze tedy zužitkovati surových tyčí cementované oceli přímo k technickým účelům, nýbrž třeba připraviti z nich nejdříve stejnorodý materiál. Takový lze obdržeti dvojím způsobem:

a) Z roztříděných tyčí se utvoří podle staršího způsobu přestřiháním svazky, které se vykovou nebo vyválí po ohřátí ve svařovacích pecích na tyče původního nebo i slabšího průřezu. Takto získané tyče mají sice již stejnoměrnější tvrdost, přece se však skládají ještě z tvrdších a měkčích pásků. Proto navrství se po opakovaném přestřihání znovu, svaří a vykovou nebo vyválí v tyče, jež posléze přicházejí do obchodu jako tyče c e m e n t o v a n é oceli. Ocel taková je tvrdá — obsahujeť uhlíku od 0·8 do 1·8% — a houževnatá. Na prvořadé řezací nástroje se však nehodí, poněvadž přece jen není docela stejnorodá, byť byla i většina s t r u s k y opakovaným svářením vytlačena. Naznačenou cestou zlepšená ocel, vyrobená nejen cementováním, ale i zkujněním v otevřeném ohništi, nebo pudlováním, zove se z j e m n ě l o u neboli r a f i n o v a n o u (Gärbstahl, Raffinierstahl).

b) Podle novějšího způsobu zpracují se cementované tyče roztavením v kelímcích na o c e l k e l í m k o v o u (Gußstahl), která jest výrobkem zcela stejnorodým, neboť z ní vyplovaly i zbytky strusky. —

Cementovací pochod n e m á dnes významu pro velkovýrobu oceli, poněvadž jest velice nákladný a málo výkonný. Mnohem důležitější jsou jeho a p l i k a c e. Jednou jest c e m e n t o v á n í p a n c í ř o v ý c h l o d n í c h d e s e k, t. j. dodání veliké tvrdosti jejich z e v n ě j š í straně. Pancíř, jímž obloženy jsou boky válečné lodi v místech nejnebezpečnějších, tedy v rozsahu as 1 *m* nad vodní hladinou a as 1 *m* pod ní, nemá býti střelou proražen, aniž smí účinkem jejího nárazu rozpraskati. Pancíře takové mívají podle druhu materiálu a lodního typu tloušťku 200—400 *mm*; ostatní brnění je značně slabší. Pancířové desky jsou připevněny k lodním bokům šrouby zavrtanými z vnitřku.

Prvé pancířové desky byly zhotoveny v Anglii v letech 60tých min. století z houževnatého, svářkového kujného železa, které se neroztříšťovaly dopadajícími střelami. Nestačila-li energie těchto k jejich proražení, uvázly v nich, aniž vznikly na deskách nebezpečné trhliny. Když nebyla deska dostatečně silná, střela ji provrtala.

Stoupající průbojnost střel vyžadovala větší a větší tloušťky pancířů, což mělo za následek veliké zatížení lodi a zmenšení jejich nautických schopností. Proto pokusil se r. 1876 S c h n e i d e r v Creusotu ve Francii

hotoviti pancířové desky z oceli, jež mohly býti slabší. Pokus se nezdařil, jelikož desky byly nejen tvrdé, ale i křehké a nárazem střely se roztříšťovaly.

Aby čelil této nevýhodě, začal vyráběti Wilson v Anglii tak zv. compoundní desky, jichž spodní vrstva, ležící na lodním trupu, byla měkká, zevnější tvrdá. Nalil totiž na vyválenou, do běla rozžhavenou desku z kujného železa, vrstvu oceli Siemensovy a Martinovy. Ocelová vrstva, obrácená na venek, měla zamezovati vniknutí střel, kdežto měkký spodek měl zabrániti rozpraskání pancíře a vypadávání jeho jednotlivých kusů. Jelikož se však obě vrstvy vždy dokonale nesvařily, stávalo se, že ocelová část, oddělivši se od houževnatého spodku, byla roztříštěna a odpadla. Kromě toho bylo hotovení těchto desek velmi obtížné.

Proto podjal se Američan Harvey úkolu, zvětšiti tvrdost zevnější plochy pancířové desky z měkkého plávkového materiálu uměle cementováním. Pokryl onu plochu desky, skoro zcela opracované, vrstvou rozmělněného dřevěného uhlí nebo vrstvou uhlí a spodia, poté pískem a posléze cihlami, načež žíhal desku jeden až dva týdny za teploty kolem 1200°. Uhlík vnikl do značné hloubky; poněvadž ho ubývalo ponenáhlu, nemohla se tvrdá část od měkké odloupnouti. Cementovaná deska byla zakalena ve vodě.

Dalšího pokroku dosaženo zavedením niklových pancířových desek. Přísadou niklu a chromu byla zvýšena jejich pevnost i tvrdost bez snížení houževnatosti. Kromě toho jest jejich jedna strana velmi tvrdá. Tuto tvrdost dostávají zase cementováním, nikoli však uhlím, nýbrž podle Schneidera svítiplynem. Vylučuje se totiž z tohoto za žáru uhlík z největší části velmi jemně rozptýlený, jenž vniká do žhavého železa až do hloubky 50 *mm*; deska ztvrdne na povrchu tak, že se jí žádný nástroj netkne.

Cementují se najednou dvě desky, vzdálené od sebe 200—300 *mm*, obrácené k sobě plochami, jež mají býti tvrdé. Desky jsou na okrajích utěsněny a leží na vozíku, jak zřejmo z obr. II., tab. 31. Obraz jest schematickým průřezem regenerativní ohřívací pecí a vozíkem s deskami. Deska P_2 leží svou plochou, která zůstane měkká, na ohnivzdorném zdivu vozíku, kdežto desku P_1 kryje vrstva písku. Je-li vozík do peci zastrčen, vchází do ní kanály K generátorový plyn, shořuje s horkým vzduchem nejenom v ní, nýbrž i v prostorách D a desky ohřívá. Zplodiny hoření odcházejí kanály L. Když desky jsou rozžhaveny, vpouští se mezi ně svítiplyn, jenž pomalu shořuje vzduchem, vstupujícím do prostoru B skulinami.

Cementování svítiplynem je stejnoměrnější, rychlejší a možné při nižší teplotě než cementování podle Harveyho. Poněvadž sloh oceli se stal cementací hrubozrnným, následuje po stejnoměrném prohřátí celé desky jeho zjemnění zakalením v oleji a pak po novém ohřevu zakalení

mocnými vodními sprchami, z nichž proudí voda se všech stran na desku pod tlakem as 0·75 *at.* Niklové cementované desky, obsahující podle jednoho pramene 6% Ni, as 0·3% C a 0·3—2·0% Cr, mají čtyřnásobnou odporovou schopnost železných téže tloušťky. U nás mohou vyráběti takové desky V í t k o v i c e, v Německu K r u p p a huť v D i l l i n g e n, v Italii ocelárna v T e r n i, ve Francii S c h n e i d e r a C h a m o n d.

I tak zvané p o o c e l o v á n í (Oberflächenhärtung, Härten im Einsatz) jest aplikací pochodu cementovacího, užívanou velmi často ve s t r o j í r n á c h. Mají-li býti některé předměty na povrchu velmi tvrdé, aby se rychle neopotřebovaly, nebo když jejich povrch má býti velmi hladký a lesklý, uvnitř však mají zůstati houževnaté, aby snášely dobře otřesy a rázy, nehotoví se z tvrdé oceli, nýbrž z měkkého materiálu, který jest nejen lacinější, ale i snáze zpracovatelný, a teprve h o t o v é se na povrchu cementují do hloubky od několika desetin až do 2 *mm*. Tak se pooceluji klikové čepy, velmi namáhané čepy rozvodových mechanismů parních strojů, parních turbin i motorů, kulisy, palce, neokrouhlé kotouče a kladky podléhající velikému opotřebení, ozubená kola i rozvodové součásti automobilů, motocyklů a aeroplánů, vřetena a ložiskové čepy lepších obráběcích strojů, šroubové matky, jimiž se často pohybuje a někdy i složité nástroje, na př. matrice, jimž hrozí nebezpečí, že by při kalení praskly, kdyby byly provedeny celé z tvrdé oceli.

Výsledek cementace neposuzuje se pouze podle hloubky, do které uhlík vnikl, nýbrž také podle jeho největšího množství a rozdělení v poocelované vrstvě. Nemá-li se ztvrdlá vrstva odlupovati, což je obzvláště nepříjemné na ozubených kolech, nemá množství uhlíku na zevnějšku předmětu přestoupiti eutektoidickou hodnotu 0·9% a má ho ubývati stejnoměrně. Tloušťka ztvrdlé vrstvy, největší obsah uhlíku v ní, jakož i jeho rozdělení, závisí na výši žíhací teploty, na době žíhání, jakosti cementační látky, na způsobu chladnutí po cementaci a na železe, jež se pooceluje.

Teplota, při jaké má býti předmět žíhán, jest omezena nahoru i dolů. Kdyby zevnější, nejtvrdší vrstva měla 1% C, nemůže býti žíhací teplota vyšší než 1184°, poněvadž při této teplotě počíná se ocel s 1% C podle obr. I., tab. 3., již taviti; jelikož však ocel obsahuje kromě uhlíku ještě jiné součásti, které snižují teplotu tavení, bude skutečná teplota tavení ještě nižší. Spodní mez leží při teplotě Ac_3, kdy se uhlík počíná v železe rozpouštěti, ač byla cementace nebo úkaz jí podobný pozorován již při teplotě 640°. Ježto i při 850° poocelování postupuje velmi pomalu, leží praktické poocelovací teploty v rozsahu od 900 do 1000°.

V této teplotě žíhají se předměty podle žádané tloušťky tvrdé vrstvy 2—12 hodin, čímž se jejich materiál vždy poněkud přehřeje; ještě nejlépe snese tak dlouhé žíhání materiál nejměkčí. Též nepříznivě působí Si, i když je přítomen v malém množství, neboť snižuje rozpustnost uhlíku v železe a zpomaluje rychlost jeho postupu. Také manganu nemá býti

mnoho, ježto zvětšuje náchylnost k praskání. Z toho plyne, že železo k poocelování nemá míti více než 0·1—0·15% C, více než 0·4% Mn, nejvýše 0·3% Si, 0·04% S a 0·05% P. S oblibou volívá se materiál zvláštní, obsahující 2—4% Ni, nebo při stejném obsahu tohoto kovu ještě až 2% Cr, řidčeji místo chromu nebo kromě něho Mo, W a V. Ni zvětšuje tloušťku ztvrdlé vrstvy a podporuje stejnoměrné ubývání její tvrdosti, kdežto Cr zvětšuje její nejvyšší obsah uhlíku.

Závislost tloušťky cementované vrstvy na výši teploty a době žíhání znázorněna graficky obrazem I., tab. 31.

Při poocelování postupuje se nejčastěji tak, že se strojní součásti založí do poocelovací hmoty v krabici litinové nebo plechové, uzavrou víkem, které se omaže hlinou, aby vzduch neměl přístupu, načež se krabice vloží do ohřívací peci a žíhá. Každý předmět má býti obklopen hmotou v tloušťce alespoň 20—30 *mm*. Hmota se skládá hlavně z uhlíkatých látek; samotného dřevěného uhlí se však neužívá, poněvadž působí příliš pomalu. Jelikož cementaci zrychluje přítomnost uhlovodíků, látek dusíkatých a ammonných, přidává se uhelnému prachu kostní moučky, sazí, zuhelněných odpadků kůže, rohů, paznehtů, žluté krevní soli a pod. Z pevných poocelovacích látek osvědčily se dobře na př. směsi: 5 d. práškovitého, dubového dřevěného uhlí, 2 d. zuhelněné kůže a 3 d. sazí; 3 d. bukového dřevěného uhlí, 2 d. zuhelněných rohů a 2 d. kostní moučky; 10 d. dřevěného uhlí, 1 d. kuchyňské soli a 15 d. dřevěných pilin; 10 d. uhlí z kůže, 2 d. žluté krevní soli, 10 d. pilin atd.

Velmi dobré vlastnosti má směs Caronova ze 60 d. dřevěného uhlí a 40 d. uhličitanu barnatého, která jest levná a možno ji mnohokráte upotřebiti, aniž by ubývalo jejího účinku, jelikož se regeneruje přijímáním CO_2 ze vzduchu. Mnohdy bývají doporučovány prášky velmi složité, i se součástkami, jež nemohou míti účinku. Dosud se osvědčily nejlépe prášky nejjednodušší, které bývají také nejlacinější.

Podle velikosti předmětu třeba doby až několika hodin, než celý vnitřek poocelovací krabice nabyl teploty 900°. Od tohoto okamžiku stačí žíhati 2—3 hodiny, aby dosaženo bylo tvrdé vrstvy v síle $^1/_2$—$^3/_4$ *mm*, jaká ve většině případů stačí. Silnější vrstva prodlužuje značně dobu žíhací, neboť ubývá rychlosti, kterou uhlík vniká. Tak nutno žíhati na př. veliké rozvodové kulisy lokomotivní, jež mají míti tvrdou vrstvu až 2 *mm* silnou, až přes 12 hodin.

V praksi se často po skončeném poocelení žhavé předměty, vyňaté z krabice a očištěné drátěnými kartáči, hned kalí ve vodě. Postup tento je přípustný jenom tehdy, obsahuje-li materiál nikl, který jak poznáno, zamezuje vznik hrubozrnnosti žíhané oceli. Třeba však, aby předměty měly teplotu nejméně 850°. Uhlíková ocel stala se žíháním hrubozrnnější, čímž utrpěla její pevnost, zejména pevnost v rázu. Proto se poocelené předměty zušlechťují. Druh zušlechtění se řídí požadavky, kladenými na

předměty. Třeba si uvědomiti, že poocelený předmět se skládá ze dvou částí, z měkkého vnitřního jádra s 0·1—0·3% C a tvrdé vrstvy, na př. s obsahem 0·9% C. Aby obě nabyly nejvhodnějších vlastností, kalí se předměty dvakráte po sobě.

Prvým zakalením se regeneruje přehřáté a rázům málo odporující jádro, čímž nabude původní pevnosti. Aby zakalení bylo provedeno se zdarem, nechá se poocelený předmět rychle schladnouti pod Ar_3, načež se ohřeje poněkud nad Ac_3, t. j. na 900—920° a zakalí v oleji nebo ve vodě; v posledním případě se doporučuje přerušiti chladnutí, když teplota klesla pod červený žár, aby zmenšena byla možnost deformace. Druhé zakalení má způsobiti největší tvrdost zevnější vrstvy; proto se kalení provede s teploty 750—800° (nad Ac_1 zevnější vrstvy). Aby nevznikala pětí a poocelená vrstva se za činnosti strojní součásti neodloupla, následuje po zakalení popuštění asi na 200°.

Popsaným způsobem poocelí se celý povrch předmětu. Ale často má býti poocelena jenom část, kdežto ostatek má zůstati měkký. Pak se chrání části, jež nemají ztvrdnouti, před vnikem uhlíku buď omazáním hlinou, která nesmí v žáru popraskati, nebo se ovinou těsně měkkým železným drátem, jenž uhlík pojme; také se v těch místech ponechává přidání v tloušťce as 2 *mm*, jež se po poocelení, avšak před kalením, odstraní nebo konečně se místa ta pomědí.

Kromě tohoto nejstaršího, avšak dosud ještě nejobvyklejšího, způsobu poocelování jsou ještě jiné, novější. Jak poznáno, nepůsobí uhlík pevných poocelovacích látek přímo na železo, nýbrž v plynech z nich se vyvinujících, zejména v CO, který v žáru a ve styku se železem se rozkládá a jeho uvolněný uhlík železo cementuje. Dosáhne se tedy stejného účinku, bez pevných poocelovacích látek, když se budou předměty žíhati v uzavřených nádobách v proudu p l y n ů, obsahujících C; těmi jsou CO a uhlovodíky. Tak byly konstruovány na drobné předměty, na př. součásti jízdných kol, peci bubnového tvaru, konající malý počet otáček kolem vodorovné osy, aby se předměty promíchávaly a vystavovaly stejnoměrně účinkům plynů. Pec jest vyhřívána zvenčí a do ní veváděn generátorový plyn z malého, vedle stojícího generátoru. V pecích takových postupuje poocelování rychleji než když se pooceluje prášky; kromě toho odpadají krabice a ukládání předmětů do nich. — O poocelování pancířových desek s v í t i p l y n e m bylo již pojednáno.

Podobně jako plyny možno poocelovati také roztavenými, t e k u t ý m i látkami, zaručujícími také dokonalý styk se železem. Jejich složení musí býti takové, aby stykem se žhavým železem uvolňovaly C, který se pak v železe rozpouští. Nejlépe se hodí k tomu účelu sloučeniny kyanu, zejména žlutá krevní sůl, jejíž účinek se podporuje ještě jinými přísadami. Těchto poocelovacích látek, na př. složení: 2 d. práškovité žluté krevní soli, 1 d. dvojchromanu draselného a dextrinu k vytvoření těstovité hmoty, nebo 5 d. cyankali, 2 d. boraxu, 2 d. dusičnanu draselného a 1 d. octanu

olovnatého atd., se užívá k rychlému dosažení tenkých vrstev (tloušťky 0·1—0·2 *mm*), bohatých uhlíkem.

Tekutými prostředky se pooceluje dvojím způsobem. Jde-li o hlubší vrstvu, roztaví se směs v peci, podobné zcela peci kalicí se solnou lázní a když jest ohřáta na poocelovací teplotu (900°), zavěsí se do ní části, jež mají býti pooceleny, na delší nebo kratší dobu podle žádané hloubky tvrdé vrstvy. Při tom třeba bedlivě dbáti toho, aby dokonale odssávány byly vznikající páry, jelikož se při rozkladu žluté krevní soli vyvíjejí prudce jedovaté sloučeniny kyanu. Po cementaci plynem, jakož i v tekuté lázni, kalí se předměty stejně jako po cementaci prášky. Někdy má býti vytvořena jenom zcela tenká tvrdá pokožka, zejména na podřízenějších strojových částech. Ta se obdrží pouhým posypáním povrchové plochy solnou směsí neb i samotnou žlutou krevní solí a vložením do výhně nebo peci. Žárem se soli roztaví a předávají uvolněný uhlík železu.

Kromě prášků prodávají se také poocelovací pasty. Poněvadž jich lze nanésti na plochy více než prášku a jsou tak složeny, aby se po roztavení snadno neroztekly, působí obyčejně účinněji než pouhá žlutá krevní sůl. Po slabém poocelení následuje hned kalení ve vodě. —

Podobným pochodem jako je cementace uhlíkem mohou býti do železa vpravovány i jiné prvky, jako Mn, Ni, Cr a W, čehož se upotřebuje zejména při výrobě pancířových desek, jakož i P, S a Si.

4. Výroba kujné litiny nebo temperování čili změkčování.

Přísluší diagr. č. 22. až 24. a tab. 31.

Účelem temperování není výroba zkujněného železa k dalšímu zpracování, nýbrž dosažení změny ve složení předmětů již hotových, obdržených litím z bílého sur. železa, v tom směru, aby křehké sur. železo bylo změněno v houževnaté kujné. Je to opačný pochod než cementování. Předměty, zejména vyráběné hromadně, jež by měly býti z kuj. železa, avšak jejichž hotovení, zejména kováním, by bylo velmi drahé, se ulijí a změkčí. Tak dostávají se temperováním, jehož význam stále stoupá, na př. klíče na šrouby, spojení hadicová, součásti k zámkům, klíče k nim, tvarové části (kolena, křížová hrdla, přechodní kousky) k potrubím na plyn a vodu, velmi mnoho součástí hospodářských, textilních a šicích strojů, automobilů, články řetězů Ewartových a kotouče k nim, součásti k lanovým drahám, části kování oken, dveří, nábytku, vagonů, dále páky, kliky, podkovy, ramena stolních vah, plotové a zábradlové tyče atd. Do nedávna byla tak hotovena také kola a nápravová pouzdra k důlním vozíkům. Předměty ty musí býti ulity z bílého sur. železa, poněvadž pochodu změkčovacímu podléhá toliko *C* chemicky vázaný. A jedině v tomto případě se lije z krajně křehkého bílého sur. železa, jindy vždy ze šedého nebo přechodního.

Účelu by se také dosáhlo odlitím takových předmětů přímo z plávkového železa. Než jde většinou o drobné předměty, slabší než 10 *mm* a lehčí než 1 *kg*, jichž lití způsobuje potíže. Nemá tím býti řečeno, že silnější předměty není možno změkčit; temperovat lze do tloušťky 25 *mm*. Další nevýhodou přímého lití by bylo, že vtokové a výfukové nálitky by musily býti odřezávány, kteráž práce na odlitcích ze sur. železa odpadá, jelikož na těch možno je urážeti a zbytky po nich snadně odsekati nebo obrousiti; také jest povrch změkčovaných odlitků hladší a čistší.

Žíháno-li bílé sur. železo delší dobu v náležité teplotě, rozkládá se jeho karbid podle rovnice $Fe_3C = Fe_3 + C$ na ferrit a uhlík změkčující. Žíhání může býti provedeno dvojím způsobem: buď za přístupu vzduchu nebo bez něho, avšak v přítomnosti kyslíkem bohatých látek. V prvém případě nastane jen rozklad cementitu, aniž by se množství vyloučeného změkčujícího C změnilo, v druhém může býti jeho množství sníženo okysličením až na množství, odpovídající as prostředně tvrdému kuj. železu, takže litina přechází napřed v ocel a konečně v kuj. železo. Prvý pochod je pouhým změkčováním, druhý změkčováním a současným zkujňováním. Obou prakse užívá; prvého v Americe, druhého v Evropě.

V Americe žíhají předměty uložené v písku nebo v cihelné moučce a dostávají litinu, jejíž lom jest uprostřed, v jádře, černý (black-heart), na obvodu bělavý. Černá barva pochází od vyloučeného změkčujícího uhlíku, bělavá od okysličení povrchu. Odlitky tyto jsou pevnější než z obyčejné litiny, avšak jejich houževnatost a tvárnost je menší než odlitků z normální kujné litiny.

Evropské temperování se současným oduhličováním provádí se žíháním nejčastěji v železné rudě, obyčejně v drobném krevelu. Změkčené odlitky se šedým lomem, podobným lomu kujného železa, lze ohýbati i kouti za studena. Názory o složitém pochodu za oduhličování nejsou dosud jednotné. Podle jedněch spojují se uhlíkové molekuly povrchové vrstvy předmětu s O rudy na CO, jenž prchá. Vrstva ta, stavši se uhlíkem chudší, obohacuje se hned uhlíkem z vnitřku, takže nastává proudění uhlíkových molekul z vnitřku na povrch, až postupem času celkové množství C klesne na množství odpovídající kujnému železu. Podle druhých okysličuje se C povrchové vrstvy na CO_2, který vniká dovnitř, kdež oxyduje další C dle rovnice $CO_2 + C = 2\,CO$. Tento CO jest kyslíkem rudy zase okysličen na CO_2 atd.

Uhlík se odstraňuje tím rychleji a úplněji, čím čistší je sur. železo; proto má i zde přednost sur. železo vytavené dřevěným uhlím. Zkrácení pochodu vyžaduje, aby sur. železo neobsahovalo mnoho C; jeho množství se proto snižuje přidáváním odpadků z dřívějších lití, z vlastních temperovacích odpadků i cizích, odpadků kuj. železa, oceli, železných pilin a pod.

Uhlík železa, z něhož se lijí předměty k temperování, má býti vesměs vázaný, poněvadž uhlík grafitický, uložený v odlitcích ve tvaru větších

lístků, při pochodu shořuje, čímž je rušena souvislost kovu ve větších plochách a pevnost odlitku snižována; proto nelze změkčovati odlitky ze šedého sur. železa. Si, podporující vznik uhlíku grafitického, podporuje také vznik uhlíku změkčujícího. Má ho býti tím více, čím tenčí jsou odlitky. Oproti němu Mn ztěžuje vylučování uhlíku změkčujícího a jelikož s jeho množstvím stoupá také křehkost a smrštivost odlitků, nemají ho míti více než 0·4%. S do obsahu 0·1% neškodí; větší obsah nebude působiti příznivě, což potvrzuje zkušenost, že odlitky ze železa, taveného v kuplovně, které mívá 0·2—0·3% S, změkčují se obtížněji než ze železa taveného v jiných pecích. Poněvadž dále S činí železo hustým, podporuje vnitřní pětí, šumivost a lámavost za tepla, nemá jí býti více než 0·3%. P se chová neutrálně a podporuje tekutost kovu. Jelikož však zvětšuje křehkost a lámavost za studena, nemá jeho obsah přestoupiti 0·2%. Průměrné složení železa, z něhož se lijí předměty k temperování, udává číselná tabulka 14.

Číselná tabulka 14.

Druh odlitků	C %	Si %	Mn %	S %	P %
Silné odlitky	2·3—2·5	0·45—0·55	pod 0·4	pod 0·3	pod 0·2
Prostředně silné ..	2·5—2·7	0·60—0·70	„ 0·4	„ 0·3	„ 0·2
Slabé odlitky	2·8—3·3	0·75—1·20	„ 0·4	„ 0·3	„ 0·3
Dobrý kov (průměr)	2·8—3·3	0·60—0·80	„ 0·4	„ 0·15	„ 0·2

K dosažení sázky tak složené, jak v tabulce uvedeno, může býti upotřebeno jenom určitých sur. želez as tohoto složení: 3·0—4·0% C, až do 0·8% Si, nejvýše 0·4% Mn, 0·2% P a 0·3% S. Na odlitky nejlepší jakosti brává se sur. železo vytavené dřevěným uhlím.

Náležitě druhované železo roztavuje se k lití buď v kelímcích nebo kuplovnách, též v pecích plamenných s přímým topením, v pecích Siemensových s topením plynovým i v malých konvertorech. Roztavené lije se většinou do nesušených forem, řidčeji do sušených, jejichž nálitky mají býti silnější a větší, neboť rychleji chladne a více se smršťuje než železo slévací; také má býti postaráno ve větší míře o zadržení šumu a nečistot. Jelikož odlitky jsou velmi křehké, kladou se zvláště důležité, ještě žhavé, do vyhřátých *chladicích pecí*, v nichž se nechají jako sklo volně vychladnouti. Příklad dvojité *chladicí peci* nakreslen na diagr. č. 22; její zařízení jest z obrazců jasné. Odlitky nutno zbaviti foremního písku a dobře očistiti, aby změkčující látka mohla působiti stejnoměrně na celém povrchu. Kde písek zůstal, tam odlitek buď vůbec nebude změkčen nebo jenom částečně; kromě toho slévá se zbylý písek s temperovací látkou ve struskovitou hmotu, která brání také stejnoměrnému oduhličení a způsobuje skvrnitost změkčeného předmětu. Odlitky čistí se proudem písku

na stolech nebo v rotačních, pomalu se otáčejících bubnech, aby jich nebylo mnoho rozbito; v bubnech se zároveň ulámou i vyběhlé tenké švy.

Krevel, rozdrobený na zrna as velikosti krupice až hrachu (3—12 *mm*), má býti prost S, P a vápenatých součástí. Není vhodný kusový ani rozemletý na moučku. Má míti jen něco drobných částic, aby k odlitkům dobře přilehl. Práškovitá ruda zamezovala by unikání vzniklých plynů. Jelikož její okysličující účinek by byl veliký a spalovalo by se i železo, seslabuje se přimíšením rudy již upotřebené, v různých poměrech, na př. 5 dílů staré na 3 díly čerstvé. V Americe temperují často v okujích, které také jen občerstvují. Podobně jako tam pracuje firma Bratří Uxové v Brně. Užitá hmota, vytlučená z temperovacích rámů, se vyváží na dvůr, kde se nechá ležet ve vrstvě as 400 *mm* vysoké po 6—8 neděl, polévá slanou vodou, aby hodně rezavěla, načež se rozemílá kolovým mlýncem, prosívá a občerstvuje novými okujemi; do směsi takto připravené ukládají se odlitky, jež mají býti změkčeny. Upotřebená ruda, železem bohatší než čerstvá, zpracuje se ve vys. pecích. Čerstvé se spotřebuje podle tloušťky předmětů a stupně oduhličení na př. 60% váhy sázky.

Odlitky s temperovací hmotou se ukládají buď do pouhých rámů nebo do nádob se dnem, podobných velikým kelímkům, nebo, jsou-li rozložité, i přímo do komor pecí. Rámy (obrazy VIII., IX., a X., tab. 31.), buď hranolovité nebo válcové, 400—800 *mm* ve světlosti, 500—800 *mm* vysoké, bývají ulity také z bílého sur. železa; obdélné mívají při výšce 500 *mm* šířku také 500 *mm* a délku 700—2000 *mm*. Tloušťky jejich stěn ubývá; po určitém počtu chodů seslábnou tak, že musí býti vyměněny. Aby se ušetřily, nanáší se na ně někdy slabá vrstva hlíny. Rámy rovnají se na sebe ve sloupce. Jsou-li slabě kuželové, vkládají se mezi ně prstencové kroužky (obrazy V., tab. 31.). Je dobře, položí-li se prvý na desku vyztuženou ze spodu žebry, aby teplo mohlo působiti i s této strany.

Podle uvedeného jsou žíhací peci dvojího druhu. Buď sázejí se do jejich stejnoměrně vyhřívaných komor odlitky uložené v rámech nebo v nádobách se dnem, nebo se jimi plní komory přímo; tento druh pecí hodí se na veliké odlitky. Příklad peci prvého druhu nakreslen na diagr. č. 23.

Komora *D* vytvořena postranicemi, čely a klenbou. V čelech ponechána dostatečně veliká probrání, zazdívaná toliko na ½ cihly. Topeniště uspořádáno pod celou délkou komory; na jeho rošt možno palivo nahazovati s obou stran otvory *i*, uzavřenými dvířky. Z něho vedou do komory pravidelně rozdělené kanálky *e*, aby byla celá stejnoměrně ohřívána. Práce počíná ukládáním odlitků do rámů. Pec jest chladná, její čelo *C*, obrácené k pracovnímu prostoru, vybouráno. Dělník položí prvý rám na dno komory v rohu u čelní zdi, jež zůstala státi, nasype do něho vrstvu upravené temperovací hmoty, urovná, rozloží na ni odlitky, pokryje druhou vrstvou hmoty, 10—15 *mm* silnou, rozloží další odlitky atd. Tak postupuje až má rám, na který také tluče, aby hmota k odlitkům dobře přilehla, skoro plný.

Dlouhé odlitky postaví, by se žárem mnoho neohýbaly. Na prvý rám posadí druhý, naplní, posadí třetí atd., až vytvoří celý sloupec *E*. Navrch položí desku a omaže hlinou, aby vzduch nemohl vnikati dovnitř; podobně omaže spáry mezi jednotlivými rámy. Právě tak staví a plní vedlejší sloupec, pak další, až má prvou řadu. Po té staví řadu druhou a pokračuje, až vyplní celou pec. Vzdálení jednotlivých sloupců od sebe, jakož i od zdí nemá býti velké; nanejvýše 100—200 *mm*. Potom se vybourané čelo zazdí, vše omaže, pootevře šoupátko v kouřovém kanálu a v peci zatopí. Zplodiny hoření táhnou kanálky *e* do komory, tou vzhůru kolem rámů, vyhřívají jejich obsah, vstupují na hoře do kanálků *f* v postranních zdech *A*, jimiž klesají dolů, aby i tyto byly vyhřívány, shromažďují se ve vodorovných kanálech *g*, z jejichž konců unikají kanály *h* vzhůru do plechových komínů *B*. Popel a saze z kanálů *g* lze vyhrnouti dvířky *m*.

Do změkčovacího prostoru plameny šlehati nemají. Vnitřní teplota se sleduje pozorovacími, snadno uzavíratelnými otvory ve dvířkách nebo i ve zdivu, jež mají dovolovati i vyjímání malých zkušebních rámků. Doba potřebná k ohřevu peci na žíhací teplotu 850 až 1000°, nejvýše 1050°, závisí na její konstrukci a velikosti, jakož i na komínu. Malé peci s velikým tahem mohou býti náležitě žhavé již ve 24—36 hodinách, kdežto rozměrné a starší potřebují 48—60 hod.; americké jsou vyhřáty ve 24—40 hodinách.

Vlastní žíhání při teplotě 850—1000° trvá zase různě podle zařízení peci a zejména podle tloušťky změkčovaných předmětů; silnější se žíhají 3—6 dnů, nejslabší i jenom jeden den. Teplota se pozoruje buď pouze okem nebo lépe pyrometrem. Po dokončeném pochodu následuje pozvolné chladnutí; rychlé má vliv na tvrdost odlitků a trpí jím pec i rámy. Když teplota peci dostatečně klesla, vybourá se čelo *C*, jež bylo na počátku chodu zazděno, rámy vytahají ještě teplé a zbavují obsahu. Odlitky se z temperovací hmoty vyberou nebo i vytlukou, jestliže se slila. Potom se zbavují zbytků této hmoty omíláním v otáčejících se hranolovitých nebo válcových bubnech, naplněných skoro docela. Vloží-li se do bubnů odřezky kůže, nabudou odlitky mírného lesku. Příjemnou stejnoměrně šedivou barvu dostávají očišťováním v proudu písku. Zařízení k tomu potřebné je stejné s užívaným k očišťovaní drobných odlitků ze šedé litiny.

Na to se každý jednotlivý změkčený odlitek prohlíží, obrousí na něm zbytky po nálitcích a vyseká z něho sekáčem hmota, zbylá v prohlubeninách. Je-li zkřiven nebo zborcen, jak tomu velmi často bývá, zejména když odlitky jsou tenké a dlouhé, narovnává se ručně kladivem nebo strojně lisem. Duté předměty, které se zploštily, vyrovnávají se vrážením trnů. Změkčením ubyla odlitkům asi 2% váhy a jejich rozměry se zvětšily as o 1%. —

Pohodlnější jest práce, když rámy možno plniti a stavěti do sloupců venku, mimo pec; do peci se zavezou zvláště sestrojenými dvoukolovými vozíky, jež znázorňují obrazy VI. na tab. 31. Rameny *p* vozíku podebéře se sloupec narovnaných rámů, malým skloněním rukojeti *d* nad-

zdvihne, zaveze do peci, v níž se posadí opačným pohybem rukojeti. Na témže principu jsou založeny i konstrukce motorových zavážecích vozíků.

Pro veliké výkony se hodí nejlépe peci s odnímatelnou klenbou, do nichž se sázejí sloupce nebo vysoké hrnce, plněné venku, jeřábem. Příklad takové peci nakreslen na obrazech III. a IV., tab. 31. Klenba složena z jednotlivých oblouků Z, které zvedá a spouští tentýž jeřáb, jenž ukládá sloupce a je vyjímá. Nakreslená pec je dvojitá, vytápěná generátorovým plynem. Vzduch potřebný k jeho spalování ohřívá se v rekuperátoru, umístěném přímo pod pecí. Rekuperátor má stejný účel jako regenerátor, jejž nahrazuje tehdy, stačí-li nižší stupeň ohřevu, poněvadž jest mnohem jednodušší a lacinější.

Každý z rekuperátorů skládá se ze dvou soustav kanálů, probíhajících vedle sebe a oddělených pouze tenkou stěnou zdiva; jednou proudí vzduch, druhou protiproudně kouřové plyny. Teplo těchto plynů, procházejíc dělicími stěnami, ohřívá vzduch, jenž vstupuje do rekuperátoru kanálem F, prochází jím od spodu nahoru a vystupuje svislými kanálky C do žíhacího prostoru. V tom se mísí s generátorovým plynem, přicházejícím ze společného přívodného kanálu E rovněž svislými kanálky, provedenými mezi vzdušními C; plyn ohříván není. Směs horkého vzduchu a teplého generátorového plynu hoří, zplodiny táhnou pod klenbou, proudí kolem nádob, unikají otvory D ve dně peci do rekuperátoru, jímž procházejí shora dolů a kouřovým kanálem G do komína. Směr proudění se neobrací. Zevnějšek peci jest obložen zase traversami a stažen šrouby.

Také pohodlné jsou peci, do kterých se nádoby se změkčovaným zbožím nevkládají, nýbrž zastrkují, uložené na vozíku. Zvláště výhodná jest úprava se dvěma vozíky; je-li jeden v peci, druhý se plní. Jelikož pec nemusí k vynětí zboží vychladnouti, zkrátí se pochod o dobu potřebnou k roztápění.

Veliké předměty se nekladou do rámů, nýbrž přímo do žíhací komory peci, jak byla již učiněna zmínka. Příkladem takových pecí nechť je pec, jakou užívaly ocelárny v Gelsenkirchenu v Německu k změkčování kol k důlním drahám a pouzder nápravových s ložisky. Pec ta jest nakreslena na diagr. č. 24.

Předměty kladly se přímo do válcového prostoru C, jehož šamotové zdivo J se opírá o svislá žebra slabě kuželového soustředného pláště J_1, taktéž ohnivzdorného (viz pravou polovinu půdorysu). Mezi žebry zůstávají volné prostory B, kterými stoupají vzhůru zplodiny hoření a vyhřívají plášť J. Plášť J_1 objímá obyčejné zdivo K, stažené železnými pásy. Topeniště upraveno kolem celého obvodu pláště J pod prostorami B. Na jeho rošt A nahazuje se palivo čtyřmi otvory s dvířky P; vzduch vstupuje popelníkem O. Nahoře vycházejí zplodiny hoření vodorovnými kanálky L a odcházejí prostředním kanálem F do kanálu kouřového G a jím do komína. Tím jest vyhříváno i zdivo kanálu F a zboží uprostřed šachty, jež

by při tak velikém průměru peci nebylo možno jinak náležitě ohřáti. Kanál *F* složen ze šamotových kroužků nasazených na sebe.

Odlitky se rovnaly zase ve vrstvách do drobné rudy. Když byla pec naplněna, což vyžadovalo jednoho dne, pokryla se náplň ohnivzdornými cihlami *D* a pec uzavřela ohnivzdornou deskou *E* s průlezem a víkem *H*. Deska *E* zůstala v nakreslené poloze, i když cihly *D* klesly zároveň s náplní peci. Pak se v peci zatopilo; od třetího dne, kdy dosaženo náležité žíhací teploty, topilo se plně. Desátého dne se brala zkouška. Podle jejího výsledku se buď hned přestalo nebo topilo o 1 až 2 dny déle. Chladnutí trvalo 3—4 dny, vybírání z peci 4—5, takže pec mohla býti znovu upotřebena po 18—22 dnech.

Po skončeném pochodu byly předměty z hmoty vykopávány a vytahovány nahoru, kdežto změkčující hmota se házela kanálem *F* dolů, do kanálu *G*, který se oddělil od společného kouřového kanálu a odtud se pak vyvážela. Zároveň se snižováním obsahu peci, ubíralo se i kanálu *F*. Takových pecí bylo v Gelsenkirchenu 22 na denní výrobu 1000 důlních kol a 250 nápravových pouzder. Jelikož, jak z popisu zřejmo, byla práce v těchto pecích drahá, velmi namáhavá a obtížná, zvláště vyjímání odlitků z teplé hmoty v hluboké šachtě, a lití z oceli nepůsobí dnes obtíží, bylo temperování v těchto pecích zastaveno a kola se lijí z ocelové litiny. —

Pevnost v tahu kujné litiny zůstává za pevností litiny ocelové, poněvadž po odstranění změkčujícího uhlíku zbyly v kovu zcela maličké dírky, které pevnost umenšují. Temperované tyče, zkoušené Martensem, měly pevnost 25·8 *kg* na 1 mm^2, mez průtahu 19·5 *kg*, prodloužení 2·5% při pozorované délce 200 *mm* a stažnost 8·2%. Wüst našel pevnosti 31·23—46·05 *kg* na 1 mm^2, prodloužení 0·89—5·17% a stažnosti 0·93—6·56%.

Číselná tabulka 15.

Původ	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Zboží z vídeňské slevárny	0·38	0·92	0·21	0·07	0·05
Zboží ze slevárny v Německu	0·35	0·69	0·16	0·05	0·30
Zboží ze slevárny v Německu	0·25	0·41	0·15	nebyl určen	nebyl určen
Zboží ze slevárny v Německu	0·31	0·54	0·33	0·11	0·21
Zboží ze sur. železa dřevouhelného	pod 0·10	0·45	0·53	0·32	0·08
Zboží ze sur. železa dřevouhelného	pod 0·10	0·61	0·57	0·29	0·16

Americké změkčované odlitky mají pevnost poněkud menší, podle Moldenka 29·5—33·0 *kg* na 1 *mm*². Nejmenší pevnost, která se ještě připouští, jest 24·6 *kg*, největší 38 *kg* na 1 *mm*², přes kterou se nemá jíti, aby odlitek nebyl křehký. Prodloužení mívají 2·5—5·5% při pozorované délce 50·8 *mm*.

Příklady chemického složení změkčených odlitků udává číselná tabulka 15 (na str. 207).

Popsaný pochod, jímž se získávají odlitky z kujné litiny neboli změkčované, též temperované (schmiedbarer Guss, Temperguss, Weichguss, Bohrguss), jest již dávno znám. Prvý spis o něm vydal Réaumur r. 1722. (Réaumur, L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu, Paříž, 1722.) —

Bližší o výrobě a vlastnostech surového i zkujněného železa třeba hledati v literatuře. Z té buďtež uvedena některá knižní díla, vydaná po r. 1900:

Wedding H., Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde, 4 sv., 2. vyd., Brunšvík, 1891—1908.

Krauss A., Eisen-Hütten-Kunde, I. díl, Das Roheisen, II. díl, Das Schmiedeisen. Sbírka Göschenova, svazek 152 a 153, Lipsko, 1902.

Simmersbach O., Die Eisenindustrie, Lipsko a Berlín, 1906.

Ledebur A., Handbuch der Eisenhüttenkunde, 5. vydání, I. díl, Einführung in die Eisenhüttenkunde, II. díl, Das Roheisen und seine Darstellung, III. díl, Das schmiedbare Eisen und seine Darstellung, Lipsko, 1906—1908.

Brisker C., Einführung in das Studium der Eisenhüttenkunde, Lipsko, 1907.

Campbell H., The manufacture and properties of iron and steel, 1907.

Stillich O. a Steudel H., Eisenhütte, Lipsko, 1908.

Schuchardt A. d. Ält., Die Selbstkostenberechnung für Hüttenwerke, Düsseldorf, 1909.

„Hütte", Taschenbuch für Eisenhüttenleute, Berlín, 1910.

Geilenkirchen Th., Grundzüge des Eisenhüttenwesens, Berlín, 1911.

Geiger C., Handbuch der Eisen- und Stahlgiesserei, I. díl, Berlín, 1911; II. díl, Berlín, 1916.

Stoughton P., The Metallurgy of Iron and Steel, 2. vydání, New-York, 1911.

Svoboda E., Nauka o materiálu, Praha, 1911.

Erbreich Fr., Einführung in die Eisenhüttenkunde, Lipsko, 1913.

Osann B., Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, I. díl, Roheisenerzeugung, II. díl, Erzeugung und Eigenschaften des schmiedbaren Eisens, Lipsko, 1915 a 1921.

Mathesius W., Die physikalischen und chemischen Grundlagen des Eisenhüttenwesens, Lipsko, 1916.

Jüptner H., Das Eisenhüttenwesen, Lipsko, 1917.

Sauer K., Leitfaden der Hüttenkunde für Maschinentechniker, Berlín, 1920.

Backert A., The ABC of Iron and Steel, 4. vydání, Cleveland, Ohio, 1921.

„Gemeinfassliche Darstellung des Eisenhüttenwesens", 11. vydání, Düsseldorf, 1921.

L i c h t e H., Das Roheisen und seine Darstellung durch den Hochofenbetrieb, Bibliothek der gesamten Technik, sv. 15, Hannover, 1907.

B r i s k e r C., Berechnung und Untersuchung des Eisenhochofens, Halle, 1909.

B e n d e r Th., Der praktische Hochofenbetrieb, Halle, 1910.

T o l d t F. a W i l c k e F., Wissenschaftliche Grundsätze für die Berechnung von Regenerativ-Gasöfen, 3. vyd., Lipsko, 1907.

M a y e r F., Die Wärmetechnik des Siemens-Martinofens, Halle, 1909.

D i c h m a n n C., Der basische Herdofenprozess, Berlín, 1910.

O b e r h o f f e r P., Das schmiedbare Eisen, Berlín, 1920.

H e r m a n n s H., Das moderne Siemens-Martin-Stahlwerk, Halle, 1922.

N e u m a n n B., Elektrometallurgie des Eisens, Halle, 1907.

R o d e n h a u s e r W. a S c h o e n a w a J., Elektrische Öfen in der Eisenindustrie, Lipsko, 1911.

R u s s E., Die Elektrostahlöfen, Berlín, 1918.

B o r c h e r s W., Die elektrischen Öfen, 4. vydání, Halle, 1923.

L e b e r E., Die Herstellung des Tempergusses und die Theorie des Glühfrischens, Berlín, 1919.

Z časopisů jest nejdůležitější „Stahl und Eisen", vycházející v Düsseldorfu.

B. **Měď** (Kupfer, copper, cuivre), Cu.*)

Patří k šesti kovům, známým již v dobách předhistorických (Fe, Cu, Pb, Sn, Ag, Au). Egypťané znali ji již před 6000 lety. Řekové dobývali měď v Chalkis, Římané na Cypru — odkudž její dnešní pojmenování — a ve Španělsku. Ve středověku byly huti na měď ve Švédsku, v Uhrách, Rudohoří a Harcu. Jest po železe kovem technicky nejdůležitějším. Obsahuje také mnohé příměsky, jako železo, které se však považují až na málo výjimek vesměs za nečistoty, snižující výborné vlastnosti čisté mědi.

Měď jest jediný kov b a r v y červené, lomu jemnozrnného, byla-li zpracována, mírně zoubkovitě vytrhávaného až i vláknitého. Odstíny v růžově červené barvě, vlastní dobré mědi, zaviňují příměsky. Měď nedospělá, se zbytky uhlíku z výrobního pochodu, má lom nažloutlý, jest křehká, lámavá za tepla; měď přespělá, znečištěná zase rozpuštěnými kysličníky, lámavá za studena, má lom barvy hnědě červené, cihlové.

Čistá měď vzdoruje c h e m i c k ý m v l i v ů m méně než její slitiny a více než železo. Suchým vzduchem nebo čistou vodou se buď vůbec nemění nebo jenom zcela nepatrně; podléhá však, obsahuje-li voda soli, zvláště chloridy, jako voda mořská. Také se mění na vlhkém vzduchu, zejména v přítomnosti CO_2, vyskytujícího se všude v atmosféře. Vzniká zelený, zásaditý uhličitan měďnatý, m ě d ě n k a, p a t i n a, který pokrývá její povrch a chrání vnitřní vrstvy před dalším rozkladem; patina vzniká také na některých bronzech. Působením organických kyselin v přítomnosti vzduchu, hlavně octové, tvoří se zásaditý octan měďnatý. Vliv

*) Železo má značku Fe.

tento může býti umenšen přísadou Sn, Al, Si a j. Kyselina dusičná a královská lučavka rozpouštějí měď snadno, sírová toliko koncentrovaná a vřelá. Má-li však vzduch dostatek přístupu, rozpouštějí ji také jiné kyseliny, ústrojné i neústrojné, jakož i slané a mastné kapaliny. Jelikož její sloučeniny jsou prudké jedy, cínuje se měděné kuchyňské nádobí již od dávných dob.

Ohřívána-li měď na vzduchu, okysličuje se a nabíhá zákalnými barvami podobně jako ocel. Ve vyšších teplotách pokrývá se napřed hnědou, křehkou korou kysličníku, potom černými okujemi. Ochladí-li se z červeného žáru rychlým ponořením do studené vody, neztvrdne, nýbrž změkne, čímž se liší od oceli; podobně se chovají i její slitiny.

Chemicky čistá měď má váhu atomovou 63·57 a měrnou 8·93 při 20°. Měrná váha technické mědi, závislá také na zpracování, je tím nižší, čím více má nečistot; klesá až na 8·50.

Nejvýznačnější vlastnosti mědi jsou tvárnost a tažnost; umožňují její dokonalé zpracování za tepla i studena. Přimíšeniny vlastnosti tyto snižují. Z těch jsou nejškodlivější Bi a As; 0·02—0·05% Bi způsobují lámavost mědi v červeném žáru i za studena. Již 0·01% As snižuje elektrickou vodivost o 3%, kdežto tažnost a pevnost patrněji neklesá ani při 0·5% As. Udává se, že malé množství tohoto kovu zamezuje pórovitost mědi. Malý obsah Ni zvětšuje její houževnatost; nepatrnou přísadou Pb, Mn nebo Al získávají se hustší odlitky. Cu_2O, tvořící s kovem slitinu a nechybějící v žádné rafinované nebo elektrolytické mědi, jest až do obsahu 0·5% neškodný. Nepříznivě působí Te a Se. Nejcennější vlastnosti vůbec má skoro chemicky čistá měď elektrolytická.

Měď má tvrdost jen malou, menší než kujné železo; tvrdost vyžíhané odpovídá číslu 2·5, zpracované za studena číslu 3 stupnice Mohsovy. Proto ztrácí brzy lesk, ač jest dokonale a snadno leštitelna. Za studena patří k nejměkčím kovům a také se v tomto stavu nejčastěji zpracuje. Zpracováním takovým (válením, tažením, lisováním, kováním, tepáním a pod.) tvrdne, pozbývajíc zároveň houževnatosti. Původní měkkosti a tvárnosti nabude zase žíháním. Nejměkčí jest při 200°; v teplotách nad 500° křehne, při 700—750° jest velmi křehká, nezpracovatelná. V teplotách blízkých bodu tavení, kdy je tak křehká, že může býti kladivem rozmělněna, se spaluje, t. j. vchází do ní ve tvaru žilek kysličník, vzniklý působením kyslíku vzduchu, a způsobuje trhlinky. Tato vlastnost spolu s tou, že měď přechází z pevného stavu rychle do kapalného, je příčinou, že není prakticky svárnou, nýbrž musí býti všeobecně spojována pájkou. Při spájení smí býti ohřáta pouze tak vysoko, aby se pájka roztavila a do spáry zatekla. Nebezpečí, že se měď spálí, hrozí nejen při spájení, ale na př. i při nedostatku vody v měděném kotli, kdy je zvětšováno ještě zplodinami hoření, obsahujícími H nebo uhlovodíky.

Měď se počítá k pevným kovům, ač její přirozená pevnost není veliká a závisí na mechanickém zpracování; tenké plechy a dráty jsou značně pevnější než silné. Litá měď má pevnost v tahu 18—19 *kg*, vyválena v silný plech 22—24 *kg*, vytažena v tenký drát až přes 50 *kg* na 1 mm^2. Předpisy pro přejímání vozidlového materiálu čsl. státních drah vyžadují, aby plechy na lokomotivní topeniště měly pevnost alespoň 22 *kg* při 35% prodloužení a 45% stažnosti a tyče na rozpěrné svorníky pevnost 25 *kg* při prodloužení 35% a stažnosti 50%. Ke zvýšení ohnivzdornosti topeništ'ových plechů vyžaduje se v Anglii, Francii, Italii a Dánsku přísada 0·35—0·55% As; v býv. Rakousku bylo ho předepsáno 0·15—0·30%. Špatná měď neprozrazuje se ani tak malou stažností, jako malým prodloužením.

Nevýhodnou vlastností mědi pro stavbu strojů je, že má nízkou mez pružnosti (viz obr. XI., tab. 38.). Nemá-li se trvale deformovati, smí býti namáhána toliko zcela mírně, v parních potrubích na př. jenom $^1/_{10}$ pevnosti v tahu. K této nevýhodě pojí se další, že při trvalém ohřevu ubývá její pevnosti se stoupající teplotou značně již při teplotách poměrně nízkých. Podle zkoušek Ludwikových měla měď, vyžíhaná při 600° a ohřátá

na teplotu	20°	pevnost	22·80	*kg*	na	1	mm^2,
,, ,,	160°	,,	18·40	,,	,,	1	,,
,, ,,	300°	,,	13·20	,,	,,	1	,,
,, ,,	410°	,,	8·50	,,	,,	1	,,
,, ,,	555°	,,	4·85	,,	,,	1	,,
,, ,,	650°	,,	3·30	,,	,,	1	,,
,, ,,	793°	,,	1·90	,,	,,	1	,, a
,, ,,	970°	,,	0·80	,,	,,	1	,,.

V souhlasu s tímto výsledkem platí podle hamburských norem*) udaná pevnost v tahu silných plechů 22 *kg* na 1 mm^2 pouze do teploty 120°; potom se snižuje o 1 *kg* na každých 20°. Na teplotu kolem 200°, při které je pevnost již značně menší, může býti snadno ohřát na př. plech lokomotivního topeniště, brání-li převodu tepla kotelní kámen, neboť, je-li napětí páry 14 *at*, má voda již teplotu 194°. Proto nehodí se měď na parní potrubí pro veliká napětí a obzvláště ne na páru přehřátou.

Měď jest velmi dobrým vodičem tepla a proto podle pravidla, platného pro čisté kovy, také i velmi dobrým vodičem elektřiny, v kterýchž vlastnostech ji předstihuje jedině stříbro, jak zřejmo z číselné tabulky 16., podle které vodí teplo 6·2kráte lépe než železo; v tabulce jsou zaneseny také lineární koeficienty roztažitelnosti.

*) Grundzüge für die Berechnung der Materialdicken neuer Dampfkessel.

Číselná tabulka 16.

Kov	Vodivost tepla*) při 18°	Vodivost elektřiny**) při 18°	Střední lin. koef. roztažitelnosti pro teploty mezi 0—100°
Stříbro	1·0060	614.000	0·000019
Měď..........	0·8915	600.000	0·000017
Zlato	0·7003	412.800	0·000014
Hliník	0·4804	312.000	0·000023
Hořčík	0·3760	208.000	0·000027
Zinek	0·2653	165.100	0·000029
Kadmium	0·2216	132.500	0·000030
Platina	0·1664	92.400	0·000009
Cín	0·1570	88.200	0·000023
Nikl	0·1420	85.000	0·000015
Železo	0·1436	83.600	0·000012
Olovo	0·0827	48.000	0·000029
Antimon......	0·0420	24.800	0·000017
Rtuť	0·0197	10.460	0·000181
Vizmut	0·0194	8.400	0·000013

Teplota tavení obchodní mědi závisí na její čistotě; proto hodnoty ji udávající se neshodují. Nejvyšší má měď chemicky čistá, která se taví při 1083° a vře při 2310°. Roztavená má barvu nazelenalou; stejnou mají plameny, jimiž shořuje, ohřeje-li se ještě výše. Její slévatelnost je malá. Zlepšiti ji možno přesným dodržením určitých teplot, což vyžaduje značných praktických znalostí, a zahřátím formy, lije-li se do kokyl. Poněvadž roztavená měď je hustá, kašovitá, takže špatně teče, formu nedokonale vyplňuje, v ní se okysličuje a kromě toho rozpouští ze zplodin hoření v plamenné peci značná množství plynů, zejména SO_2, potom H a CO, které se při tuhnutí z největší části zase vybavují, způsobujíce kypění kovu i bublinatost odlitků, lije se z čisté mědi toliko výjimečně (některé části pro stavbu lokomotiv a torpédových lodí). V případech těch čelí se naznačeným obtížím především odkysličovacími prostředky, zejména fosforem, buď čistým, nebo ve tvaru fosforové mědi, nejnověji titanovými slitinami. Též lze zameziti vznik bublin přidáním as 0·75% Zn nebo Sn do roztavené mědi před litím, tedy jejím slitím, a konečně jejím tavením pod vrstvou uhelného prachu. Smršťuje se

*) Množství tepla procházející v jednotce času jednotkou plochy kovu při tepelném rozdílu 1°.

**) Reciproká hodnota odporu centimetrové kostky kovu, vyjádřeného v ohmech.

o 0·8%. Slévá se snadno s drahými kovy, pak s Sn, Zn, Al, Mn, Si, Cd, Co, Ni, obtížněji se Fe, Mo, W a Cr.

Měď se vyskytuje sice také samorodá, na př. při Hořejším jezeře v Sev. Americe ve velikých kusech, v Chile ve tvaru písku, potom na Urálu, na Slovensku, ale převážně se vyrábí z rud, v nichž bývá vázána nejčastěji sirou, tedy ze sirníků, řidčeji z kysličníků a ze solí. Dobývá se z nich suchou i mokrou cestou; prvou častěji. Různými pochody dostává se buď černá surová měď, asi s 90% čistého kovu, která se pak více nebo méně rafinuje, často na kov čistoty přes 99·5%, nebo se obdržuje konvertorovým pochodem, jímž se získávají dobré dvě třetiny celé světové výroby, přímo, bez rafinace, čistoty 98—99%. Z těchto mědí možno dostati kov skoro chemicky čistý elektrolysou, kteráž cesta se volí zejména tehdy, obsahují-li vzácné kovy, jež se jí také získávají. Odstraněním cizích přimíšenin, hlavně Bi, As a S, obdrží se kov nejen čistý, ale i mnohem cennější.

Elektrolytická rafinace, vyvinuvší se v Německu po r. 1880 (závody v Mansfeldu, Okeru a Hamburku), rozšířila se zvláště ve Spojených Státech. Podstata její je tato: Do dřevěné nádrže, uvnitř dehtované nebo vyložené olovem, rozměrů na př. 1 × 1·5 × 3 *m*, naplněné roztokem modré skalice asi z 15% skalice krystalické a 5—10% volné kyseliny sírové, upevní se na společný anodový závěs desky ze surové, rafinované nebo konvertorové mědi, velikosti na př. 0·8 × 1·0 *m* a tloušťky 20—40 *mm*, a mezi ně, na společný katodový závěs, plechy katodové, z čisté elektrolytické mědi, jenom as 0·3 *mm* silné. Desky jsou ve vzdálenostech po 50 *mm* od sebe; pod nimi zůstává volný prostor as 250 *mm* vysoký. Spojí-li se anodové desky s kladným pólem dynama a tenké plechy se záporným, rozpouštějí se desky anodové následkem rozkladu lázně elektrickým proudem, a jejich měď se usazuje na katodách. Ze součástí anodových rozpouští proud nejsnáze kovy elektropositivní, Zn, Fe, Co, Ni, potom Cu, As, Sb, Sn, Bi a Pb, kdežto vzácné kovy, Ag, Au, Pt, jakož i sulfidy, vůbec nerozpouští; ty klesají ke dnu nádrže, tvoříce anodový kal, ze kterého mohou býti vytěženy. Z kovů rozpuštěných vylučuje se Pb hned jako $PbSO_4$, kdežto Bi, Sn, As, Sb se vylučují částečně jako kysličníky nebo soli. Proto sráží se na katodách pouze kovově čistá měď, a to potud, dokud roztok má dostatek Cu i volné H_2SO_4 a jest v náležitém pohybu. Katodovou měď nutno přetavovati. Anodový kal mívá až 50% Ag. Získaná elektrolytická měď je skoro chemicky čistá; v Okeru vyrábějí z rafinované mědi s 98·5% čistého kovu elektrolytickou měď s 99·994 Cu.

Jelikož na tvaru katody nezáleží, nahradil Elmore tenké plechy čisté mědi válcem *a* (obr. XI., tab. 31.), na kterém měď, vyloučenou v prášku, kyprou a přímo neupotřebitelnou, hned zhušťuje achátovým tlačítkem *b*, jež ji přitiskuje k povrchu válce. Aby byla přitlačována všude, válec se zvolna otáčí a tlačítko axiálně posouvá. Za den se srazí vrstva as 0·2 *mm* silná. Sesílila-li dostatečně, rozřízne se, sejme a válí přímo

v plech. Má-li býti získáno válcové těleso, vylučuje se měď na bubnu tak konstruovaném, aby povlak mohl býti s něho sňat v celku, bez rozříznutí. Tímto způsobem lze obdržeti nejen trouby beze švů, nýbrž i válcové pláště velkých rozměrů.*)

Nejvíce mědi vyrábějí nyní Spojené Státy (distrikty Arizona, Montana a okrsek při Hořejším jezeře). R. 1850 vytěžilo se jí na světě 60.000 *t*, r. 1894 330.000 *t* a r. 1913 1,005.900 *t*. Z posledního množství připadalo na Spojené Státy 58·6%, na ostatní Ameriku 10·2%, Japonsko 7·7%, Anglii 5·2% (výhradně z rud přivezených), Německo 4·1%, Rusko 3·4%, Francii 1·2 % a zbytek 9·6% na ostatní státy. Ve válce výroba stoupla, po ní klesla. R. 1918 byla 1,408.086 *t*, r. 1919 963.646 a r. 1920 984.483 *t*.

U nás získává se něco mědi pouze ve vítkovických a třineckých železárnách jako vedlejší výrobek z kyzových výpražků a potom v Báňské Bystrici. Proto nutno skoro veškerou měď přivážeti z ciziny. V Čechách vyskytují se sice měděné rudy na více místech, ale jejich těžení bylo dávno zastaveno; nyní konají se přípravy k otevření starých dolů ve Verneřovicích u Trutnova. Ve Slezsku je výskyt u Vrbna a na Slovensku v okolí Smolníku, Spišské Nové Vsi, Vondrišelu, Dobšiné, Španí Dolině a Štiavnice jsou dosud nevyčerpaná rudná lože, v nichž byla práce zastavena mnohem později než v Čechách, v některých teprve v přítomné době.**)

Poněvadž měď vyniká tvárností, vodivostí tepla, elektřiny, značnou pevností, snadnou slévatelností s ostatními kovy, jest hledanou látkou pro mnohé technické účely. Největší význam má v elektrotechnice, s jejímž vývojem souvisí úzce i rozvoj hutnictví mědi, zejména v Americe. Spotřebuje se jí nejvíce ve tvaru drátu a plechu. Drátu na rozvod elektrické energie k účelům dopravním, osvětlovacím, telefonním a částečně také telegrafním. Ze silného plechu hotoví se na př. velmi nepříznivě namáhaná lokomotivní topeniště, z tenčího pánve pivovarské, bubny odstředivek, destilační přístroje a jiná zařízení lihovarská, chladiče, zařízení do továren na svíčky, mýdla, kuchyňské nádobí atd. Slabým plechem, který jest vůbec nejlepší krytinou, kryjí se monumentální budovy. Potřebuje se v mědirytectví, k hotovení rozpěrných svorníků, trubek a trub, ohřívacích i chladicích hadů, podajných vložek do potrubí, na těsnění, k povlakům válců papírných i úpravných strojů a pod. Konečně má nemalou důležitost pro výrobu slitin, zvláště bronzu a mosazi.

Normalisační výbor německého průmyslu navrhuje rozdělovati měď podle jakosti na 5 druhů: 1. v měď A, elektrolytickou, čistoty

---

*) Na výstavě v Düsseldorfu r. 1902 vystaven byl plášť k povrchovému kondensátoru 2·5 *m* v průměru, 5 *m* dlouhý, 10 *mm* silný, vážící přes 3500 *kg*.

**) Za údaje o domácích rudných nalezištích mědi i některých dalších kovů vděčím min. radovi inž. R. Sládečkovi.

nejméně 99·94%, se sledy Sb, As, Bi, bez S, Al, Te a Se, na elektrická vedení a nejcennější slitiny; 2. v měď B, hutní, čistoty nejméně 99·6%, jejíž obsah As zůstává pod 0·015%, se sledy Sb, Bi, S, Al, bez Te a Se, na slitiny mající přes 60% Cu, k výrobě předmětů válením, lisováním a kováním; 3. v měď C, hutní, čistoty 99·6%, s obsahem As pod 0·15% a se sledy Sb, Bi, S, Al, bez Te a Se, na měděné trubky a plech k tlačení; 4. v měď D, hutní, mající nejméně 99·0% Cu, As méně než 0·1%, Al pod 0·02%, sledy Sb a Bi, bez Te a Se, na slitiny pro odlitky a slitiny s obsahem Cu pod 60%, k výrobě předmětů válením, lisováním a kováním; 5. v měď hutní, mající nejméně 99·0% Cu, se sledy Sb, Bi, S, Al, bez Te a Se, ostatek As + Ni, na topeniště a rozpěrné svorníky. — Sledy rozumějí se vesměs obsahy menší než 0·001%.

Obvyklé obchodní značky přední mědi jsou: Mansfeldská rafináda A, anglická měď (best selected), čilská měď v houskách (Chilibars), indické plechy a americká jezerní měď (Lake-copper). Obyčejné značky: elektrolytická měď a anglická měď standardní (good merchants brands). — R. 1913 stál 1 *kg* mědi 1·70, drátu 1·90, plechu 2·10 a trubek 2·40 K.

C. **Zinek** (Zink, zinc nebo spelter, zinc), Zn.

Ve starověku zinek nebyl znám, ač známa byla mosaz, získávaná z měděných rud a kalamínu ($ZnCO_3$). V Evropě, do které byl přivezen v 16. století jako zvláštnost z východní Asie, se vyrábí sice již od 18. věku, ale ve velkém teprve asi 100 let, když byla poznána jeho válitelnost v teplotách mezi 90—160°.

Jest kov barvy bělošedé, namodralé, krystalického, velmi lesklého lomu. Pilník ucpává, maže. Vyleštěný ztrácí brzo lesk. Na suchém vzduchu je skoro stálý, kdežto na vlhkém se potahuje mdlou pokožkou hydroxydu a v přítomnosti CO_2 šedým povlakem zásaditého uhličitanu zinečnatého, který je tak soudržný, že chrání kov před dalšími vlivy atmosférickými; proto vydrží i tenké zinkové předměty velmi dlouho. Kyseliny zinek rozpouštějí většinou za vývinu vodíku, zásady jej rozežírají, porušuje se i kuchyňskou solí, mastnotami, mlékem, takže se k výrobě kuchyňského nádobí naprosto nehodí. Čistá voda, studená i teplá, na něj sice nepůsobí, ale podléhá jí, obsahuje-li CO_2. Zinkové trubky nemají býti zadělávány do zdiva vlhkou sádrovou maltou, která zinek rozežírá, nýbrž maltou vápennou, jíž se porušuje toliko nepatrně.

Litý zinek, v obyčejné teplotě křehký, nezpracovatelný, je v teplotách 90—160° tak tvárný, že může býti válen, kován, lisován. Válí se a lisuje nejlépe v teplotách 90—110° a 135—160°, kdežto v tepelném rozsahu 110—135° má tvárnost menší. Při 200° je zase tak křehký, že může býti roztlučen v prach. Taví se při 419°. Roztavený patří ke kovům nejtekutějším, nejřidším, pročež formy dobře vyplňuje, zabíhá i do jejich

nejjemnějších částí, přejímá jejich tvar a podržuje jej i po ztuhnutí. Proto lijí se z něho s oblibou i nejjemnější ozdobné předměty, když nemusí býti pevné.

Roztavený zinek ve styku se vzduchem se okysličuje a vzniklý kysličník rozpouští v lázni, čímž tato houstne, kašovatí. Proto se zinek, několikráte přetavovaný, k lití nehodí. Kysličníku tohoto může býti zbaven na př. fosforem, přidaným lázni, nebo manganem, což však není již tak pohodlné, jelikož tíže tavitelný mangan musí býti roztaven odděleně. Hladinu zinku, vystavenou dlouho účinku vzduchu, jako při pozinkování, lze chrániti před okysličením a udržeti kovově čistou vrstvou salmiaku.

Byl-li zinek před litím značně přehřát, jsou odlitky hrubozrnné, byl-li ohřát jen málo nad teplotu tavení, mají lom jemnozrnný. Jelikož se značně smršťuje — o 1·6% — vznikají v tuhnoucím nejen dutiny, nýbrž i póry, jdoucí od povrchu dovnitř, které způsobují skvrnitost odlitku, byl-li galvanicky povlečen jiným kovem, na př. mědí, mosazí, niklem. Obtíž tato zmizí, slije-li se zinek s jinými kovy; již 1—5% Sn sníží jeho smrštivost a zamezí pórovitost odlitků. Zinek se slévá skoro se všemi kovy.

Roztavený zinek vře při 930°. Jeho páry se v uzavřeném chladném prostoru srážejí zase v kov, kteráž vlastnost se zužitkuje při jeho výrobě, kdežto na vzduchu shořují ostrým, nazelenalým plamenem na ZnO, velmi jemný bílý prášek, bělobu zinkovou, známou barvu. Poněvadž toto spalování počíná již při teplotě kolem 500°, je třeba opatrnosti, roztavuje-li se samotný zinek, náchylný k přehřátí.

Zinek má atomovou váhu 65·37 a měrnou, je-li chemicky čistý, 7·14 při 20°, kdežto obchodní podle čistoty a propracování 6·85—7·3, při čemž nižší hodnoty odpovídají litému, vyšší válenému a taženému. Je poněkud měkčí než měď. Pevnost litého zinku bývá udávána velice různě, mezi 4—11 *kg* na 1 *mm*². Příčinou toho jest jeho hrubá krystalisace, způsobující, že se zinek láme často předčasně, brzo po překročení meze průtahu, která má hodnotu asi 3 *kg* na 1 *mm*², při zcela nepatrném prodloužení. Teprve, když krystalisace byla tvářením a vyhřátím zjemněna, zhouževnatí a jeho pevnost se zvětší na 15 i více *kg* na 1 *mm*² při značném prodloužení. Vodivost tepla a elektřiny udána v číselné tabulce 16.

Zinek se nevyskytuje samorodý, nýbrž vázaný v sirnících, kysličnících a uhličitanech. Vyrábí se z kysličníků, na které byly nekysličníky převedeny pražením, redukcí uhlím při teplotě 1100°, tedy vyšší než jest jeho teplota tavení, takže se získává plynný, jenž se sráží v zinek surový. Ten obsahuje kromě 97—98% čistého kovu 2—3% Pb, as 0·03% Fe a něco Cd, Sb, As a S. Rafinuje se přetavováním v plamenné peci a mívá pak ještě 0·8—1·2% Pb, pod 0·02% Fe a sledy Sb i As. Kromě tohoto suchého způsobu výroby byla zavedena nyní také ve velkém rozsahu, zejména v Americe, výroba elektrolytická, dávající kov čistoty až 99·8%.

Nejvýznačnější lože zinkové rudy na zemi, zároveň i olověné a stříbrné, je v distriktě Broken-Hill v Australii. Pak jsou mocná lože

v Německu, zejména v Horním Slezsku, potom v Porýní, na pravém i levém břehu Rýna, a v Harcu, v Belgii, Francii, Španělsku, Italii, ve Spojených Státech a Mexiku. Z celkové světové výroby 997.900 *t* r. 1913 připadalo na Spojené Státy 32·1%, Německo 28·4% (z toho 80% z rud domácích), Belgii 19·8%, Francii a Španělsko 7·1%, Anglii 5·9%, Holandsko 2·4%, Rakousko a Italii 2·2% a na ostatní země 2·1%. — V republice Československé jsou 2 huti na zinek, v Teplicích a Řetenicích u Teplic, které zpracují vesměs cizí, přivážené rudy; spotřebu však nekryjí. Z domácích rud — rudná lože jsou u Čarlovic v Čechách, Plešivce a Pohorelé na Slovensku — se zinek dosud nevyrábí. — Známé obchodní značky zinku jsou: zinek slezský, rýnský, belgický a anglický.

Ač se zinek nevyznačuje pěkným, ba ani příjemným vzhledem, přece se ho pro láci a snadnou zpracovatelnost užívá všude tam, kde není třeba se obávati rozkladu kyselinami nebo solnými roztoky. Jelikož je po železe a olovu nejlacinějším kovem, takže slitím nemůže býti zlevněn, a příměsky snižují jeho tvárnost, beztoho ne značnou, zpracuje se častěji čistý než ve slitinách. Jest kromě Cu a Sn nejdůležitějším kovem pro výrobu slitin, zejména mosazí. Veliká cena cínu způsobila, že byl nahrazen, kde to jen bylo možno, lacinějším zinkem, ač oba kovy nepůsobí stejně. Hrubozrnný a křehký zinek dává s Cu nejčastěji měkké, velmi tvárné slitiny, jak dokazují některé druhy mosazného a tombakového plechu, kdežto slitiny Cu s Sn jsou při malém obsahu Sn tvrdé, při větším křehké.

Zinkovým plechem kryjí se střechy, hotoví se z něho žlaby, koupací vany, rakve, vědra, ledničky, dekorativní ornamenty, architektonické i figurální ozdoby věží, vikýřů i fasád, trubky k ochraně elektrických vedení v obývaných místnostech místo trubek mosazných a vodovodní trubky. Silného plechu třeba v zinkografii, desek a tyčí na galvanické články. Ze zinku táhne se drát, lijí lampy, svícny, tížítka, sošky, kalamáře a jiné ozdobné předměty. Z čistého budou raženy naše dvouhaléře. Spotřebuje se ho také hojně k pozinkování železného plechu, telegrafního drátu, drátěného pletiva, aby železo déle vydrželo, potom k výrobě barev, zejména běloby zinkové (ZnO), k výrobě zinkové skalice ($ZnSO_4 + 7\,H_2O$) a chloridu zinečnatého ($ZnCl_2$).

Pozinkovati možno trojím způsobem: ponořením očištěných předmětů do roztaveného zinku, pokrytého vrstvou salmiaku, nebo postříkáním jejich povrchu roztaveným kovem způsobem Schoopovým, kterým je lze opatřiti také vrstvou mědi, mosazi, bronzu nebo hliníku (tímto poaluminují se na př. konve na mléko, kuchyňské nádobí a pod.) a konečně se pozinkují suchým práškem zinkovým, tak zv. sherarddisováním.*) — R. 1913 stál 1 *kg* zinku 0·60, zinkového plechu 0·82 K.

*) Bližší o pozinkování viz: Fr. Hasa, Mechanická technologie část III. a IV., str. 204.

D. **Cín** (Zinn, tin, étain), Sn.

Byl znám v Indii, Číně, Egyptě a Anglii již v dobách předhistorických a upotřebován k výrobě bronzu. Kolem r. 1500 vynikal cínový průmysl nejen v Anglii a Zadní Indii, ale i v českém a saském Rudohoří, kde byl cín dobýván již v 12. století, avšak jeho výroba koncem minulého věku po vyčerpání ložisek zastavena. Jest po mědi nejdůležitějším kovem k přípravě slitin. Má po Ag nejbělejší barvu, od něhož se liší namodralým odstínem. Vyznačuje se silným, příjemným leskem, který dlouho podržuje, jsa na vzduchu stálý. Rozředěným kyselinám i zásadám vzdoruje, avšak podléhá jim, je-li znečištěn olovem; proto cínové nádobí nemá obsahovati více Pb než 10%. Sehnané kyseliny jej rozpouštějí.

Čistý cín jest měkký; jeho tvrdost odpovídá číslu 1·8 stupnice Mohsovy. Pilník maže, lom má krystalický. Vyniká velikou tažností a značnou houževnatostí; zlomí se toliko po četných ohybech, při kterých skřípe třením krystalků o sebe. Za studena jest dokonale zpracovatelný; možno jej vyváleti nebo vytepati na velmi teninké plechy, tak zv. šumichy neboli cínové folie (Stanniol). Lisuje se dobře v drát a v trubky, ale nemaje dostatečné pevnosti v tahu, nedá se táhnouti. Nejtvárnější je v teplotě 100°; při 200° zkřehne tak, že může býti rozdrcen v prach.

Patří ke kovům snadno tavitelným, neboť se taví v teplotě 232°. Roztavený pokrývá se hned šedou pokožkou kysličníku cínatého (SnO) a cínu, která delším a vyšším ohřevem přechází v bílou vrstvu cínového popelu, kysličníku cíničitého (SnO_2). Jeho hladinu lze chrániti před okysličením vrstvou uhelnou nebo vrstvou mastnoty. Odpařovati se počíná při 1200° a vře při 2275°. Cín se slévá dobře; dává plné, husté odlitky, zejména, obsahuje-li Pb a lije-li se do kovových forem. Nesmí však býti ani chladný ani značněji přehřát. Smršťuje se o 0·7%. Je slévatelný skoro se všemi kovy. Má atomovou váhu 118·7 a měrnou 7·28 při 20°; obchodní, obsahující Pb a znečištěný Bi, Fe, Cu a As, mívá měrnou váhu podle čistoty a stupně propracování 7·2—7·5 a pevnost v tahu 2·5—4 *kg*.

Cín může trvati ve třech allotropických modifikacích. Při 232° přechází z tekutého stavu do modifikace γ, křehké, krystalisující v soustavě rhombické, při 161° do modifikace β, kterou je obyčejný bílý cín. Ta přechází konečně při 18° za zvětšování objemu v modifikaci α, jíž je šedý, nevzhledný prášek, měrné váhy pouze 5·75. Poslední překrystalisace prochází však následkem malé molekulární pohyblivosti velmi pozvolna, takže cín β může býti delší dobu ochlazen až pod 0°, aniž by překrystalisoval. Teprve, bylo-li přechlazení velmi značné a trvalo dlouho, nebo spolupůsobily jiné okolnosti (nákaza, mocné rázy a pod.) nastává přechod. Tato přeměna způsobila, že mnohé varhanové píšťaly a cínové předměty v chrámech nebo v jiných netopených místnostech podlehly zkáze. Překrystalisace při 161° je zajisté příčinou, proč nelze váleti a lisovati cínu ve vyšších teplotách.

Cín se dobývá z rud, z nichž se dostává suchou cestou surový, čistoty 97—98%. Ten se rafinuje, takže pak přední má 99·6—99·9%, cín Banka až 99·99% čistého kovu. Kromě z rud získává se dnes také značné množství cínu odcínováním odpadků bílého plechu a konservových krabic, což provádí se nyní i elektrolyticky.

Nejmocnější cínová rudná lože mají poloostrov Malaka, ostrovy Banka a Biliton. Lože na ostrově Bance byla známa již ve starověku a hradila spotřebu cínu Číny i Indie. Další rudná lože jsou v Bolivii (nejvyšší rudné doly světa na Kordillerách ve výši 5400 *m*), odkudž jest as 80% rud, zpracovaných v Evropě. Též značná rudní bohatství jsou v Brasilii, Australii a jižní Africe. Anglie má stará lože v Cornwallu. Německo mělo cínovou rudu pouze v saském Rudohoří. Česká naleziště u Krupky a Cinvaldu, jakož i poblíže Karlových Var, jsou nyní, jak bylo již uvedeno, bez významu.

Na 128.900 *t* světové výroby cínu r. 1913 přispěly anglické Straits settlements se střediskem v Singaporu 51·1%, Velká Britanie ($^1/_3$ z rud domácích a $^2/_3$ z cizích, převážně z Bolivie) 17·1%, Banka 11·8%, Německo (většinou z rud boliviánských) 8·9%, Čína 4·7%, Australie 3·8%, Biliton 1·7% a Francie 0·9%. Ve válce zařídila si Sev. Amerika, nemající vlastních rud, huti na výrobu cínu z rud boliviánských. Obvyklé obchodní značky jsou: cín Straits, Banka, Biliton, cín australský a obchodní; z těch je nejčistší cín Banka, nejvíce znečištěný cín anglický.

Čistého cínu se upotřebuje zřídka. Obyčejně se slévá s Pb, Sb a Cu, aby výrobky byly tvrdší a lacinější. Z cínu, považovaného za polovzácný kov, hotovilo se zejména dříve kostelní a stolní nádobí i náčiní. Šumichem se uzavírají láhve vinné, minerálních vod, balí těkavé a vzduchem porušitelné látky, čokoláda, čaj a tabák. Z cínu hotoví se trubky k rozvádění pitné vody a piva, buď vesměs cínové nebo toliko s cínovou vložkou, varhanové píšťaly, uzavírky syfonů, formy na lití sviček a j. Skoro polovina vytěženého cínu se spotřebuje k pocínování železného plechu, neboli k výrobě plechu bílého, známého od r. 1620 i v Čechách, z něhož se hotoví nádobí k vaření, konvice, krabice na konservy a pod. Bílý plech vzdoruje chemickým vlivům účinněji než plech pozinkovaný. Konečně se spotřebuje značně cínu na výrobu pájek a ve tvaru SnO_2 na smalty. — R. 1913 stál 1 *kg* cínu průměrně 4·50 K.

E. **Olovo** (Blei, lead, plomb), Pb.

Olovo, známé již v dobách předhistorických, dobývali Řekové v Atice, Římané hlavně ve Španělsku a Britanii. Ač spotřebovalo se ho dříve málo, předstihla jeho výroba v nové době výrobu mědi. Má barvu šedou, na čerstvém řezu bílou, namodralou, silného lesku, která na suchém

vzduchu vydrží, kdežto ve vlhkém se brzo mění vzniklým kysličníkem v šedou, zaviňující nevzhlednost olověných předmětů. Vrstva kysličníku tvrdne vlivem CO_2 a chrání ostatní kov před dalším okysličováním; proto olověné trubky vydrží velmi dlouho. Kyslík, obsažený ve vodě, proměňuje olovo — je-li z něho na př. potrubí — na povrchu v hydroxyd olovnatý, ve vodě částečně rozpustný. Jelikož všechny rozpustné sloučeniny olova i jeho páry jsou jedovaté, mohla by býti voda z olověného potrubí zdraví škodlivou. Proto třeba vnitřní povrchy trubek chrániti. Poněvadž žíravé vápno i vápenná voda rozežírají olovo za přístupu vzduchu, mají býti olověné trubky zazdívány sádrovou maltou. V kyselině solné a sírové se olovo mírně rozpouští, dusičné rychle podléhá. V organických kyselinách, zejména octové a vinné, není stálé; proto ho nemá býti užito na předměty, stýkající se s potravinami, a slitiny na stolní náčiní nemají ho obsahovati více než 10%. Dělníci, pracující v ovzduší prosyceném olověnými výpary (roztěrači barev v továrnách na barvy, slevači písmen a zvláště dělníci, ohřívající v kalírnách drobné předměty v olověných lázních), chrání se před onemocněním olověnou kolikou pravidelným pitím mléka několikráte za den.

Olovo jest nejměkčí ze všech kovů, nehtem rýpatelné; jeho tvrdost odpovídá číslu 1·5 Mohsovy stupnice. Jsouc velmi tvárné, může býti ohýbáno za studena, vyváleno v tenký plech a vytepáno ve velmi tenké folie, ale v drát se táhnouti nedá, nemajíc dostatečné pevnosti. Lze je krájeti v tenké lístky a řezati pilkou, smáčen-li řez proudem vody, a zpracovati rašplí. Teplo i elektřinu vodí špatně, jak zřejmo z číselné tabulky 16. na str. 212., pilník maže, na papíře píše. Tepáním ztvrdne jenom nepatrně. Možno je vytlačiti otvorem ve stěně válce, na kteréž vlastnosti založena výroba olověného drátu a olověných trubek. Svárné není, ale dvě olověné části lze spojiti náležitě mocným stisknutím. Již malým obsahem Sb nebo As tvrdne i křehne a pouhá 0·001% Cu ohrožuje jeho způsobilost k výrobě olověného skla nebo běloby, zabarvujíc látky ty modře; také jen sledy As stačí zbarviti bělobu žlutě.

Olovo má malou pevnost v tahu — kolem 2 *kg* na 1 mm^2 — a skoro žádnou pružnost, takže v něm vznikají hned od počátku zatěžování trvalá prodloužení. Poněkud větší napětí snese v tlaku, ač i v tomto případě se brzo trvale deformuje. Jeho atomová váha jest 207·15, měrná 11·34 při 20°; taví se při 327°. Roztavené se na vzduchu rychle okysličuje a pokrývá vrstvou žlutošedého olověného popelu. Formy vyplňuje dobře, zejména, obsahuje-li něco Zn; smršťuje se o 1·1%. Vypařovati se počíná již v červeném žáru, ač vře teprve při 1525°.

Samorodé olovo se nachází zřídka; nejčastěji bývá vázáno sirou v sirníku, leštěnci olověném, řidčeji v uhličitanu a fosforečnanu. Rudy olova, stříbra a zinku vyskytují se nejčastěji společně. Proto jsou naleziště olověných rud v podstatě tatáž jako rud zinkových. Obyčejně získává se olovo jako vedlejší produkt při výrobě stříbra, jak je tomu i v Příbrami.

Nejvýznačnější rudná lože olova jsou v distriktě Broken-Hill v Australii, jež byla již uvedena při výčtu nalezišť rud zinkových. Velké množství rud těží Spojené Státy a Mexiko. Nejstarší jsou rudná lože ve Španělsku, kde se těží od nejdávnějších dob, ale dosud bohatá, neboť dnešní výroba olova ve Španělsku jest množstvím na druhém místě. R. 1913 vyrobilo se na světě 1,186.700 *t* olova, z kterého množství připadalo na Spojené Státy 34·4%, Španělsko 17·1%, Německo 15·3% (z těch jenom 38% z vlastních rud), Australii 9·8%, Mexiko 5·2%, Belgii 4·3%, Velkou Britanii 2·6%, Francii 2·5%, Rakousko-Uhersko 2·0%, Italii 1·8%, Řecko 1·5%, Kanadu 1·4%, Turecko 1·1% a na ostatní země dohromady 1%.

Surové olovo neboli hutní (Werkblei), ještě značně znečištěné, se rafinuje, čímž se odděluje i stříbro. Rafinované olovo neboli měkké (Weichblei) nemívá přimíšenin, nejčastěji Bi, Cu, As a Sb, více než 0·01%. Běžné obchodní značky olova jsou: české, německé, španělské, severoamerické, mexické a australské.

V Čechách se těží leštěnec v Příbrami, kde jsou však jeho lože značně vyčerpána, takže výroba stále klesá, a u Stříbra; k novému otevření starých dolů v Rudolfově u Budějovic dosud nedošlo. Pak se vyskytuje olověná ruda u Čarlovic v Čechách, Fulneku na Moravě, u Štiavnice a Plešivce na Slovensku. Příbramská huť vytavila
r. 1910 3987·4 *t* Pb (z toho 3390·6 *t* měkkého, 596·8 *t* tvrd.) a 602·3 *t* klejtu;
r. 1913 3832·6 *t* Pb „ 3465·6 *t* „ 367·0 *t* „ a 304·7 *t* „
r. 1918 2737·3 *t* Pb „ 1870·0 *t* „ 867·3 *t* „ a 163·4 *t* „
r. 1919 2962·6 *t* Pb „ 2399·0 *t* „ 563·6 *t* „ a 158·8 *t* „
r. 1920 2001·2 *t* Pb „ 1634·9 *t* „ 366·3 *t* „ a 108·1 *t* „
r. 1921 2051·8 *t* Pb „ 1802·0 *t* „ 249·8 *t* „ a 69·1 *t* „ a
r. 1922 2105·3 *t* Pb, vesměs měkkého, a 130·2 *t* klejtu. Jelikož se v republice spotřebuje přes 6000 *t* Pb, nejsme ani v tomto kovu soběstačni.

Pro konstruktivní účely má olovo podřízený význam; důležitější jest v chemické technologii. Stačí-li jeho přirozená tvrdost, užije se čisté, měkké, jelikož jest po železe nejlacinějším kovem, takže je každá přísada zdražuje, nestačí-li, upotřebí se tvrdého (Hartblei), které je vždy slitinou buď s Sb nebo As. Z olova dělají se podložky pod litinové sloupy a jiné konstruktivní části, aby vyplněny byly nerovnosti stykových ploch a docílen stejný specifický tlak, když nemají nebo nemohou býti opracovány. Hotoví se z něho trubky na vodu a plyn, jež nutno při kladení křiviti a ohýbati. Ty se dříve táhly z krátkých, ulitých válců, kdežto nyní se lisují, vytlačují v libovolných rozměrech a délkách. Aby mohly býti z nich provedeny přípojky jednotlivých domů a bytů na uliční potrubí s pitnou vodou, lisují se s vnitřní cínovou vložkou, jakých se užívá v Praze, kdež předepsána vložka 0·5 *mm* silná. Poněvadž se jí však trubky značně zdraží a spojování znesnadní, hotoví se k témuž účelu také trubky uvnitř

šířené, vulkanisované, jakých užívá na př. Vídeň. K jiným potřebám se olověné trubky pouze pocínují, uvnitř nebo na zevnějšku, po případě na obou plochách. Nejnověji hotoví se i tak zv. ztužené, armované olověné trubky, s pláštěm z ovinutého ocelového drátu, který ohebnost nezmenšuje, avšak pevnost zvětšuje.

Olověnými plechy vykládají se komory pro výrobu kyseliny sírové, pokrývají střechy a stěny vlhkých místností. Olova třeba v bělírnách, továrnách na svíčky, v chemických továrnách, na pánve k vaření kyselin a pod. Elektrotechnika potřebuje ho veliké množství na akumulátorové desky a na ochranné pláště elektrovodných kabelů. Zalévají se jím šrouby a skoby do kamene, hotoví z něho broky a kulky, těsnicí kroužky pro armatury a potrubí při vysokých vnitřních tlacích. Olověnými pásky spojují se skleněné okenní tabulky, potřebuje se k poolovění různých přístrojů a trub. Technicky důležité sloučeniny olova jsou olověné sklo, olověná běloba, olověná fermež, olověný cukr, suřík a jiné barvy. R. 1913 stál 1 *kg* olova 0·50 K.

F. **Hořčík** (Magnesium, magnesium, magnésium), Mg.

Byl získán po prvé elektrolytickým rozkladem chloridu hořečnatého Bunsenem r. 1852. Jest šedobílý, lesklý, lomu krystalického, mechanických vlastností podobných vlastnostem zinku; na vzduchu, zejména vlhkém se okysličuje, ztrácí lesk a pokrývá vrstvou kysličníku, která způsobuje, že má vzhled mdlý, nepěkný. Nevzdoruje kyselinám ani zásadám, solné roztoky, na př. mořská voda, jej rozkládají již za studena; má vůbec ze všech kovů nejmenší schopnost odporovati chemickým vlivům. Vyznačuje se snadnou zápalností a velikou slučivostí, zejména roztavený, s kyslíkem. Taví se v teplotě 651^0 a vře při 1120^0. Zapálený hoří prudkým bílým světlem. Jelikož se velmi snadno okysličuje, nutno jej taviti ve zvláště upravených kelímkových pecích, aby vzduch neměl k němu přístupu. Pro tuto obtíž upotřebuje se ho toliko málo k výrobě slitin, ač by se na mnohé svou bílou barvou a lehkostí dobře hodil.

Hořčík jest v obyčejné teplotě křehký, avšak snadno se řeže, krájí, ryje a podobně zpracuje; v teplotách kolem 200^0 může býti tažen v drát i tyče, lisován a válen v plech. Vyniká lehkostí a zároveň značnou pevností, neboť má měrnou váhu pouze 1·74 při 20^0, takže jest nejlehčí ze všech kovů. Má atomovou váhu 24·32, litý pevnost as 12 *kg* na 1 mm^2 při 4—5% prodloužení, válený kolem 22 *kg*. Pevnosti ty mohou býti podstatně zvětšeny přísadou Cu, Zn nebo Al. Slévá se snadno téměř se všemi kovy, zvláště s Al a Zn, dávaje v určitém rozsahu lehké, pevné slitiny.

Původně byl hořčík vyráběn pouze v Německu (Hemelingen u Brém, Griessheim-Elektron), jež má magnesiových solí skoro neomezené množství; nyní se vyrábí také v Americe a v Anglii. Upotřebuje se ve tvaru plochých

pásků, drátu i prášku k osvětlování tmavých místností a prostorů, mají-li býti fotografovány, a k signalisování, ve tvaru kostek a tyčí k vylučování kyslíku nebo kysličníku z lázně Cu, Ni a Fe. Přísada malého množství hořčíku (0·05%) k slévacímu železu zvětšuje jeho tekutost a stejnorodost odlitků, jakož i jejich pevnost (na př. ze 12·0 *kg* na 15·9 *kg* na 1 *mm*²). — R. 1866 stál 1 *kg* hořčíku 822 K; koncem r. 1913 v kostkách 20, v páscích a drátu 40 K.

G. **Hliník** (Aluminium, aluminium, aluminium), Al.

Objevil jej Wöhler již r. 1828, avšak technickou výrobu umožnil teprve St. Claire-Deville r. 1854, který ho získal jmenovaného roku až 2 *kg* denně; 1 *kg* výrobku stál 1200 K. Po dlouhou dobu stačila jediná huť v Salindres ve Francii na jeho veškerou spotřebu, která nebyla větší než 2—3 *t* ročně. Ve větším rozsahu mohlo býti hliníku užíváno teprve od konce r. 1891, kdy novým výrobním pochodem, elektrolysou, klesla jeho cena až na 6 K za 1 *kg*. Od té doby jeho spotřeba rychle rostla a byla největší ve válce.

Hliník je stříbrově bílý, s nádechem do modra, silného kovového lesku, na vzduchu v obyčejné teplotě skoro stálý. Kyseliny a louhy jej rozpouštějí, zvláště za horka. Působením vody a vodných solných roztoků vzniká na něm bělavá pokožka kysličníku, jíž vzhled hliníkových předmětů trpí. Na měkký, vyžíhaný hliník působí studená voda stejnoměrně v celé smáčené ploše, ač zcela nepatrně, kdežto na tvrdém, vyváleném za studena, vznikají působením vápenatých solí, rozpuštěných ve vodě, boule a odštěpeniny. Solné roztoky a zásady působí značně jak na hliník tvrdý, tak i na měkký. Proto hliníkové předměty, jsoucí stále ve styku s takovými tekutinami, dlouho nevydrží. Upotřebuje-li se přece hliníku v takovém rozsahu na mnohé domácí i kuchyňské nářadí, nádobí k vaření, jídlu i pití, děje se tak proto, že je snadno zpracovatelný válením i lisováním, a že jeho rozkladné produkty jsou na rozdíl od produktů olova a zinku lidskému tělu neškodny. Také lze hliníkové nádobí snadno čistiti a udržeti pěkně lesklé. Třeba připojiti, že hliníku přibývá stálosti s čistotou. Jeho tenké lístky shořují ostrým, bílým plamenem.

Hliník má ze všech kovů největší úhrnné tavné teplo, totiž 240 kal. na 1 *kg*. Je-li znečištěn, jeví polaritu. Čistý není magnetický; proto hotoví se z něho geodetické nástroje. Taví se při 658°, vře při 1800°. Roztavený je hustý a pokrývá se pokožkou z kysličníku; před tímto lze chrániti jeho hladinu vrstvou chloridu zinečnatého. Správně lit, vyplňuje formy dobře. Má smrštivosť 1·8%.

Čistý hliník patří ke kovům tvárným; možno jej zpracovati kováním, válením na nejtenčí plech, tažením, lisováním i ražením. Největší tvárnost má při 125°, kdežto při 530° je křehký. Zpracováním tvrdne, ale původní

tvárnosti nabude zase žíháním. Obtížně se sváří i spájí. Před spájením nutno pokožku kysličníku odstraníti chloridem nebo fluoridem draselným. Obtíže způsobuje velká tepelná vodivost hliníku a pak okolnost, že spájená místa vzdorují špatně vlhku a vůbec vlivům atmosférickým. V poslední době se hliník sváří také autogenně. Ač je měkký — má tvrdost mezi cínem a zinkem — přece se neopracuje pohodlně, poněvadž nástroj na něm klouže. Čelí se tomu svlažováním břitu nástroje, jenž má míti malé břitové úhly jako na dřevo, směsí petroleje a rybího tuku, nebo také jen mýdlovou vodou. Jest po Mg nejlehčím kovem, neboť má měrnou váhu 2·70 při 20^0 a atomovou 27·1. Litý do písku má pevnost 7—8 *kg*, válený a vyžíhaný průměrně 10 *kg* na 1 mm^2 při prodloužení 35% a velmi tvrdě válený nebo tažený 20—22 *kg* při prodloužení 5%. Vodí dobře teplo i elektřinu, neboť, jak zřejmo z číselné tab. 16. na str. 212., následuje, nepřihlíží-li se ke zlatu, hned po mědi, kterou zejména ve válce ve velkém rozsahu nahrazoval. Jelikož nemá pevnosti mědi, musí býti elektrovodná hliníková lana podepřena hustěji sloupy nebo opatřena nosnou ocelovou duší.

Hliník, nejrozšířenější kov povrchu zemského (viz str. 43), obsažený v hlíně, jílu, slídě a pod., získává se výhradně elektrochemicky v pecích Héroultových a v Americe jim podobných Hallových. Jelikož by byla výroba ze jmenovaných, velmi znečištěných látek drahá, zpracují se na hliník pouze bauxit, kysličník hlinitý ($Al_2O_3 + 2\,H_2O$) a kryolit ($AlF_3 + 3\,NaF$). Oba pochody zakládají se na elektrolyse bauxitu, roztaveného v lázni kryolitu. V pecích jsou positivním pólem svisle posuvné uhlíkové elektrody, negativním na počátku pochodu železné rámy se dnem, vyloženým uhelnými cihlami, později hliník, shromáždivší se na jejich dně. Kryolit, roztavený elektrickým proudem, rozpouští totiž as 20% bauxitu, který se elektrolyticky rozkládá na hliník a O. K výrobě 1 *kg* hliníku třeba 30 KW hodin; proto jest jeho výroba možna jedině tam, kde lze vodní silou nebo nějakým jiným způsobem získati lacinou elektrickou energii.

Bauxit (od města Baux ve Francii) vyskytuje se hojně ve Francii, Spojených Státech, potom v Sedmihradech, Dánsku a Indii, kryolit v jižním Gronsku. R. 1913 bylo vyrobeno na světě 68.200 *t* hliníku. Na výrobě té měly účast Spojené Státy 33·0%, Francie 26·4%, Německo (zpracovalo převážně cizí rudu), Rakousko-Uhersko a Švýcary 17·6%, Anglie 11·0%, Kanada 8·6%, Norsko 2·2% a Italie 1·2%. Ve válce (r. 1918) stoupla výroba hliníku až na 200.000 *t*. Německo, které mělo před válkou jedinou huť v Reinfeldenu, s vodní silou, zřídilo ve válce nové veliké závody, položené kromě jednoho vesměs ve středu hnědouhelných pánví, čímž zvětšilo svou předválečnou výrobu 40kráte, a jelikož nemohlo získati bauxitu z ciziny, zařídily se huti i na výrobu z jílu. Ve Švýcařích vyráběn hliník v Neuhausenu na rýnském vodopádu, v Rakousku v Lendsu; u nás jeho rud není.

Získává se hliník znečištěný Fe a Si, kteréž přimíšeniny, jakož i Cu a Zn, snižují velmi jeho cenné vlastnosti. Proto navrhuje normalisační výbor německého průmyslu rozlišovati hliník podle čistoty ve tři druhy: *a*) v čistý hliník (Reinaluminium) s obsahem ryzího kovu nejméně 99·5%, s méně než 0·2% Fe, méně než 0·01% Cu + Zn, zbytek Si; *b*) v hliník zaručený (Garantiealuminium), obsahující nejméně 99% ryzího kovu, Fe méně než 0·4%, Cu + Zn méně než 0·05%, zbytek Si a *c*) v hliník hutní (Hüttenaluminium) s obsahem nejméně 98·5% ryzího kovu, Fe méně než 0·7%, Cu + Zn méně než 0·1%, zbytek Si. Do obchodu přichází k lití v malých houskách, k válení plechu v deskách a na tyčový materiál i drát veválečcích.

Hliník je důležitý pomocný prostředek čisticí a odkysličující v hutnictví železa a ve slévárnictví, zejména oceli, neboť má schopnost rozkládati rozpuštěné kysličníky železa a podporovati stejnorodost odlitků. Jak poznáno, přihazuje se v kouscích do kokyl při vylévání zkujněného železa ze slévacích pánví. Nesmí však býti přidán v nadbytku, neboť činí železo hustým, ztěžuje unikání plynových bublinek, zmenšuje kujnost i svárnost a zvětšuje křehkost. Počítá se ho na 1 *t* oceli Martinovy 50—150 *g*, oceli konvertorové 80—200 *g*; ve slévárnictví sur. železa stačí 0·02—0·03% hliníku, aby získaly se husté, plné odlitky.

Dále nabyl hliník veliké důležitosti všude tam, kde konstrukční součásti mají býti lehké, stálé, kde však netřeba zvláštní pevnosti, jako na př. ve stavbě automobilů (hotoví se z něho zejména kryty motoru, hnacích kol, zadních os, rychlostní skříně, potom výprava vozu, ze zvláštních slitin lijí se písty a j.), letadel a letadlových motorů, v kterýchž oborech upotřebuje se litého, ve tvaru plechu, tyčí, trubek i drátu. Hliník nahrazuje nyní často měď ve stavitelství lodním, železničních vozů i v elektrotechnice. Hotoví se z něho vědecké přístroje, které nemají býti těžké, pouzdra elektrických počítadel, lehká kukátka, dalekohledy, veliké klíče, části vojenské výzbroje i mince.*) Silnými deskami nahrazují se kameny v litografii, oblíben jest ve výrobě galanterního zboží a hojně se ho spotřebuje k přípravě slitin.

Na jeho vlastnosti, že se ve vysokých teplotách slučuje mocně s kyslíkem, založil Th. Goldschmidt v Essenu aluminotermickou výrobu čistých kovů. Když se totiž zapálí směs kysličníku kovu a práškovitého hliníku, vyvine shořením teplotu as 3000°, při čemž se vyloučí čistý kov a Al_2O_3, umělý korund. Způsobem tímto vyrábí se Cr, Mn a slitiny: ferrotitan, mangantitan, ferrovanad, ferromolybden a ferrobor. Na stejném základě spočívá výroba termitového železa, dnes tak důležitého pro sváření železných součástí. — R. 1913 stál 1 *kg* hliníku 2·10 K.

*) Německo razí z něho nyní ½ marky a 20 pfeniky.

H. **Nikl** (Nickel, nickel, nickel), Ni.

Je kov výborných vlastností, podobných v mnohém ohledu vlastnostem kujného železa, barvy bílé s odstínem do žluta, velmi lesklý, na vzduchu skoro stálý jako drahé kovy. Ohřát nabíhá pestře, pokrývaje se zelenavě šedou pokožkou kysličníku, která trvalým ohřevem přechází v okuje, jichž se mnoho netvoří. V studených kyselinách, vyjímaje dusičnou, se téměř nemění; více podléhá kyselinám horkým. V obyčejné teplotě je magnetický; vlastnost tuto ztrácí v teplotách nad 330⁰. Má stejnou tvrdost jako kujné železo, avšak pevnost přibližnou pevnosti oceli; vyžíhaný při 900⁰ snesl v tahu 49·3 *kg* na 1 mm^2. Je kujný za studena i tepla, svárný, razitelný a tak tvárný, že může býti vyválen v plech pouze 0·1 *mm* tlustý a vytažen ve vlasový drát. V bílém žáru lze železný plech svařiti s tenkým niklovým a vyváleti společně v nejtenčí plech. Má měrnou váhu 8·9 při 20⁰, atomovou 58·68 a stejnou vodivost tepla i elektřiny jako železo. Taví se při 1450⁰. Ač roztavený jest řídký, přece není dobře slévatelný, poněvadž přijímá CO a H, kteréž plyny zaviňují bublinatost odlitků. Vadě této možno čeliti malou přísadou Mg, Ti, nebo i kovového Mn; smrštivost má 1%.

Nikl vyrábí se ve větším rozsahu teprve asi od 40 let, kdy byla objevena jeho rudná lože na „niklovém“ ostrově N o v é K a l e d o n i i, východně od Australie, a později v distriktu T e m e s - K a m i n g v Kanadě; rudy posledního naleziště obsahují také Co a Ag. Vytěžené rudy z obou loží zpracují z větší části Spojené Státy a Kanada, z menší Anglie, Německo (jež má také malé lože u Frankensteinu ve Slezsku) a Francie. U nás se kutá na niklovou rudu u Šluknova, avšak k vlastnímu těžení dosud nedošlo. Z rud získává se podobnými pochody jako měď surový nikl, znečištěný zejména Si, C, Fe a CO, a z toho rafinací suchou cestou nebo i elektrolysou čistý nikl, s obsahem 99—99·5% ryzího kovu. R. 1913 bylo vyrobeno 30.600 *t* niklu, rok před tím 28.500 *t*, na kterémž množství byly účastny Spojené Státy a Kanada 52·6%, Anglie 18·3%, Německo 17·5%, Francie 7·4% a ostatní země 4·2%. R. 1918 dostoupila výroba 40.700 *t*.

Dříve byl nikl široké veřejnosti málo znám. V býv. Rakousko-Uhersku stal se všeobecně známým zavedením korunové měny r. 1892, od kteréž doby byly z něho raženy 10 a 20 haléře, ve válce stažené, a to z čistého, z jakého má ještě Švýcarsko své drobné mince; všechny ostatní státy, užívající niklových peněz, razí je z 25% Ni a 75% Cu. Československé 20 a 50 haléře, jakož i koruny, jsou raženy ze slitiny 20% Ni a 80% Cu. Nikl dává s mědí nepřetržitou řadu slitin, jejichž barva přechází rychle od růžově červené barvy mědi k bílé niklu. Slitiny, obsahující kolem 40% Ni a 60% Cu, vynikají velikým elektrickým odporem; hotoví se z nich proto dráty na tepelné články a reostaty. V obchodě mají různá jména, na př. k o n s t a n t a n se 40% Ni a 60% Cu, n i k e l i n s 32% Ni a

68% Cu*), manganin s 41% Ni, 58% Cu a 1% Mn**). Větší obsah niklu, a to 65—75%, má kov Monelův, na př. 68·0% Ni, 30·5% Cu a 1·5% Fe nebo 74·5% Ni, 25·0% Cu a 0·5% Fe. Slitiny tyto zpracují se obtížně, nevynikají barvou a jsou drahé.

Pro stálost, pevnost, krásnou barvu a lesk vyrábí se z niklu hojně netoliko trvanlivé kuchyňské a stolní nádobí i náčiní, koupací vany a pod., nýbrž také více a více ve strojnictví celé konstrukční součásti, jako ventilová sedla, vřetena, pístové tyče, písty a j. Má-li býti zboží lacinější, hotoví se ze železného plechu a potahuje vrstvou niklu. Mnoho rozmanitého zboží jest jenom galvanicky poniklováno. Velké množství niklu se spotřebuje na výrobu niklové a chromoniklové oceli na pancířové desky, důležité strojní součásti a na výrobu slitin. Všeobecnější upotřebení omezuje jeho vysoká cena, která byla koncem r. 1913 za 1 *kg* kostkového, s 98—99% Ni, 5·80 K, za 1 *kg* plechu 10·10 K a za 1 *kg* chemicky čistého 240 K.

J. **Stříbro** (Silber, silver, argent), Ag.

Jest známo od nejdávnějších dob; hotovily se z něho skvosty a razily mince. Původně bylo dobýváno v Malé Asii, Atice a zvláště ve Španělsku. Od 11. věku těžilo se v Rudohoří, Sedmihradsku a na Harcu. V 16. století počalo se ho mnoho přivážeti z objevené Střední i Jižní Ameriky a cena jeho klesala. V posledních 50 letech bylo velmi zvětšenou produkcí, zejména Spojených Států, tak znehodnoceno, že evropská výroba se nemohla většinou udržeti a těžení bylo zastaveno, na mnohých místech po staletém trvání. V hutích, které se přece udržely, zpracuje se nyní značné množství rud zámořských.

Stříbro vyniká krásně bílou barvou, nejsilnějším leskem ze všech kovů, tvárností, po zlatu největší, a značnou stálostí v chemikaliích. Jsouc dokonale leštitelné, odráží až 92% světelných paprsků. Na vzduchu lesk ztrácí, aniž by oxydovalo; neokysličuje se ani ve vyšších teplotách. Sirnými výpary nebo sirovodíkem hnědne, slabým kyselinám i žíravinám vzdoruje, v kyselině dusičné a horké sírové se rozpouští.

Jest velmi kujné a tažné; možno je vytepati v lístky 0·0002 *mm* silné. Má tvrdost větší než Au, ale menší než Cu, sloh krystalický, měrnou váhu 10·50 při 20°, atomovou 107·88, pevnost poněkud menší než Cu a ze všech kovů největší vodivost tepla i elektřiny (viz čís. tab. 16.). Taví se při 961°, vře v teplotě 2070°, ač se značně vypařuje již v bílém žáru. Roztavené pohlcuje až 20násobný objem O, také něco CO_2, aniž by se okysličovalo. Tuhnouc, plyny tyto zase prudce pouští, takže prská, vystřikuje v kuličkách z formy, v které mohou zůstati dutiny. Pohlcování O

*) Slitinu stejného jména, ale jiného složení viz na str. 256.
**) Slitinu stejného jména, ale jiného složení viz na str. 249.

lze zmírniti přísadou Cu a zcela zameziti přidáním Zn; přísada 0·01% tohoto kovu stačí, aby slitina stříbra a Cu byla dobře slévatelnou.

Stříbro jest v přírodě dosti rozšířeno, obyčejně v rudách olověných a zinkových, ale nevystupuje nikdy ve velkých množstvích. Samorodé, vyskytující se ve vlasových, stromovitě rozvětvených žilkách, obsahuje pravidelně Au, často i samorodou Cu. Z rud získává se suchou cestou, mokrou i elektrochemicky. Elektrolytické stříbro má čistotu 999·5 i více, je-li čistota ryzího 1000.

R. 1912 vytěžilo se na světě 7745·4 *t* stříbra*); z produkce té připadalo na Spojené Státy 52·40%, Mexiko 14·97%, Kanadu 7·06%, Německo 6·95%, Anglii 5·10%, Belgii 3·61%, Japonsko 1·92%, Australii 1·84%, Španělsko a Portugalsko 1·68% a na ostatní země 4·47%. Ač Spojené Státy vytěžily stříbra nejvíce, přece je tímto kovem nejbohatší zemí Mexiko.

V naší republice obsahují stříbro olověné rudy příbramské, stříbrské a slovenské z okolí Kremnice a Štiavnice. V Čechách vynikají těžbou stříbra i olova státní doly v Příbrami. Vznikly pravděpodobně kolem r. 1500, jelikož se již v prvých zachovaných listinách z r. 1527 mluví o 30 jamách. Nyní jest na Březových Horách 5 dolů, vesměs hlubších než 1000 *m*, a to: důl Vojtěšský, založený r. 1779, hluboký 1199·1 *m*, se 34 horizonty; důl Anenský, vzniklý r. 1789, má nyní hloubku 1245·5 *m* a 35 horizontu (hloubí se dále); důl Ševčínský, založený r. 1813, 1092·1 *m* hloubky, s 32 horizonty; důl Marianský z r. 1822, hluboký 1159·2 *m*, s 33 horizonty a důl Prokopský, zaražený r. 1832, hloubky 1169·7 *m*, s 33 horizonty. V Bohutíně jsou 2 doly, bohutínský I., z r. 1827, hloubky 449·9 *m*, se 17 horizonty a bohutínský II., započatý r. 1878, hluboký 744·0 *m*, se 24 horizonty (v hloubení se pokračuje). Nejstarší důl, Vojtěšský, je památný tím, že dosáhnuv r. 1875, tedy po 100 letech od svého založení, hloubky 1000 *m*, byl v té době prvým dolem světa, vniknuvším tak hluboko do nitra země.

Až do založení dolu Vojtěšského získávalo se stříbra celkem nepatrně a v množstvích značně různých, od 11 *kg* do 196 *kg* ročně. Od té doby výroba stále stoupala; r. 1874 bylo ho vytaveno 20.351 *kg*. Těžba rud, také se stále zvětšující, dostoupila největší hodnoty 24.141·3 *t* r. 1911, načež klesla. Nejméně, totiž 8034·1 *t*, bylo jich vytěženo r. 1918; od tohoto roku těžba poněkud stoupá, neboť r. 1919 byla 9604·5 *t*, r. 1920 10.096·8 *t*, r. 1921 11.324·7 *t* a r. 1922 12.949·9 *t*. Výroba stříbra klesá nejenom ubýváním rud do hloubky, ale i jejich chudnutím. Měla-li upravená ruda r. 1875 0·309% Ag a 48·75% Pb, měla těchto součástí r. 1920 pouze 0·149% a 26·54%, r. 1921 0·193% a 23·95% a r. 1922 0·188% a 25·50%.

*) Výroba za rok 1913, uvedená na str. 35., jest odhadem, neboť do nedávna nebyla známa ani světová výroba za rok 1912.

Stříbra vytavila příbramská huť, zpracující i rudy cizí, r. 1911 47.400 *kg*, r. 1913 44.640 *kg*, r. 1918 17.255 *kg*, r. 1919 17.500 *kg*, r. 1920 15.361 *kg*, r. 1921 18.459 *kg* a r. 1922 25.704 *kg*. Roku 1921 bylo vytěženo stříbra v Čechách celkem 19.059 *kg*, na Moravě (v měděné huti vítkovických železáren, zpracující kyzové výpražky) 1159 *kg* a na Slovensku 1649 *kg*, dohromady 21.867 *kg*, což jest 0·28% světové výroby stříbra v r. 1912.

Ze stříbra, které se zpracuje litím, válením, tepáním, lisováním, tažením i ražením, hotoví se stolní náčiní, drahocenné předměty domácí potřeby, medaillony a mince. Poněvadž čisté je příliš měkké, takže by neodporovalo dostatečně opotřebení, užívá se samotného toliko výjimečně a k zvětšení tvrdosti, pevnosti i zároveň k snížení ceny se slévá obyčejně s Cu, též se Au, a jenom tehdy, má-li býti slitina zpracována litím, přidává se z poznaného duvodu ještě i malé množství Zn. Slitiny stříbra s Cu, tvrdší než čisté stříbro, mají náklonnost k vylučování složek, a to tím větší, čím vzdálenější jest jejich složení od eutektické slitiny z 72 d. stříbra a 28 d. Cu. Kovová hmota slitiny dělí se v tisíciny a podle počtu tisícin ryzího stříbra se rozlišují 4 stupně jakosti: č. 1. s 950/1000, č. 2. s 900/1000, č. 3. s 800/1000 a č. 4. se 750/1000 čistého kovu a jakost stříbrného zboží označuje, puncuje. Podle vyhlášky ministerstva financí ze dne 14. října 1920, č. 596 s. z. a n., označuje se větší tuzemské stříbrné zboží hlavou šohajky v eliptickém rámci; stupeň jakosti udán číslicí 1 až 4 a počtem i polohou prolomenin v elipse. Drobnější předměty ze stříbra č. 2. označují se hlavou zajíce a číslicí 2, z č. 3. hlavou psa s číslicí 3 a z č. 4. hlavou berana s číslicí 4. Puncovní značkou pro stříbrné zboží přivezené z ciziny jest heraldická lilie s písmenem Č. Nejčastější jsou slitiny z č. 3. a 4.; v Německu jest na skvosty a náčiní předepsána slitina č. 3.

Dříve hodnotily se statky stříbrem. Nadvýrobou poklesla jeho cena tak, že většina států přešla k měně zlaté a stříbro se udrželo v některých jenom na drobné mince; stříbrnou měnu má dosud ještě Indie, Egypt a Mexiko. Bývalé dvoukoruny a pětikoruny byly raženy ze slitiny číslo 2.; totéž složení mají německé stříbrné mince.

Stříbra spotřebuje se také značně k postříbřování nesčetných předmětů, buď v ohni nebo galvanicky, a k výrobě tvrdých stříbrných pájek (Silberschlaglote) na spájení stříbrných výrobků, jakož i předmětů z jiných kovů, když spoj má míti jistou ohebnost a býti obzvláště pevný. Skládajíce se ze stříbra, Cu a Zn, dostávají se slitím stříbra s mosaznými odstřižky. Připravují se tak, aby měly různé teploty tavení; mají-li býti získány snáze tavitelné, než lze dosíci jmenovanými třemi kovy, přidá se jim ještě Cd.

Japonská slitina 30—50% stříbra s Cu, pojmenovaná šibuiši, z níž se hotoví vázy, stolní nádobí a pod., nabývá mořením šedozeleného

zbarvení. Vyloží-li se předměty z ní provedené světlými kovy, stříbrem, zlatem nebo mědí, odrážejí se od ní velmi výrazně. Z chemických sloučenin stříbra je technicky důležitý dusičnan stříbrný ve fotografii a v lékařství. — Cena stříbra byla po dlouhé doby stálá, načež pozvolna klesala; před 100 lety stál 1 *kg* stříbra asi 212 K, přímo před válkou as 90 K.

K. **Zlato** (Gold, gold, or), Au.

Bylo známo již v dobách předhistorických; těžilo se v Nubii, Indii, Malé Asii a ve východní Africe. Římané získávali je ve Španělích a v Portugalsku. Ve středověku dávaly ho značnější množství Čechy, země karpatské a Korutany. Teprve v novější době těží se hojně v Kalifornii (od r. 1848), Australii (od r. 1850), Transválu (od r. 1885), kde vyskytuje se ještě v hloubkách 1200—1800 *m*, a na Aljašce v distriktě Klondyke (od r. 1897). Zlatonosná lože jsou též na Uralu, Altaji a v Zabajkalsku. V Evropě jest zlatem nejbohatší zemí Sedmihradsko. Německo má již jenom jediné lože, v Reichensteinu ve Slezsku, z něhož rudu dosud těží.

Zlato má krásně žlutou barvu, silný lesk, na vzduchu je stálé nejen v teplotě obyčejné, nýbrž i vyšší. Neporušuje se kyselinami ani žíravinami a jsouc ušlechtilejší než Ag, nenabíhá sirovodíkem. Rozpouští se jen v lučavce, v chlorové i bromové vodě a v roztoku cyankali. Jest poněkud tvrdší než Pb, nejkujnější a nejtvárnější ze všech kovů; možno je vytepati v lístky 0·00014—0·00009 *mm* silné, prosvítající zeleně, a vytáhnouti v teninký drát. Zpracováním tvrdne jenom nepatrně, ale křehne již zcela malými příměsky Pb, Sb a Bi. Ve vodivosti tepla a elektřiny následuje hned po Cu (viz čís. tab. 16.). Má atomovou váhu 197·2, měrnou 19·3 při 20^0, takže je nejtěžší ze známějších kovů, malou pružnost a menší pevnost v tahu než Cu. Taví se při 1063^0, odpařuje již v bílém žáru, ač vře teprve v teplotě kolem 2200^0. Roztavené je husté, nazelenalé, s nevalnou slévatelností, poněvadž se při tuhnutí velmi smršťuje.

Našimi zlatonosnými oblastmi jsou střední Čechy v rozsahu žulového útvaru, proslulé již ve středověku, a slovenské Rudohoří. Tamější těžba, soustředěná v okresech kremnickém a štiavnickém (Kremnica, Magurka, Ľubietova, Hodruša, Štiavnica) potrvala nepřetržitě od 13. století až do dneška. V Čechách občas zanikla, byla však vždy zase obnovována. Tak otevřen byl r. 1892 pruskou společností důl na Roudném pod Blaníkem, jejž r. 1903 převzala a zdokonalila anglická firma Stanley-Sugden a Fisher tak, že vytěžila poslední rok před válkou 326 *kg* zlata. Na druhém dole, nedávno otevřeném, Silva Tarouccově v Libčicích u Nového Knína, má býti práce zase zastavena. Roku 1921 bylo v celé republice vytěženo zlata: v Čechách (Roudný a Libčice) 267·2 *kg*, na Moravě (v měděné huti vítkovických železáren) 0·8 *kg* a na Slovensku 86·5, celkem 354·5 *kg*.

Čistého zlata upotřebuje se pouze k pozlacování kovů, porculánu a skla. Na skvosty, náčiní a mince se vždy slévá, aby výrobky byly tvrdší a vzdorovaly lépe opotřebování. Slévá se obyčejně s mědí, čímž vzniká tak zv. červená slitina, nebo řidčeji se stříbrem, s kterým dává bílou slitinu, světleji žlutou než čisté zlato. S mědí spojuje se dobře, v každém poměru, aniž by se součásti ze slitiny vylučovaly. Jeho slitím s jiným kovem klesne zároveň i cena výrobku. Dalšími přísadami možno dáti zlatu různá zabarvení, kadmiem na př. zelené, železem namodralé, platinou bílé.

Zlato považuje se i ve slitinách za vzácný kov. Jeho obsah v nich jest zase zákonitě stanoven a na zboží se označuje. Dříve byl určován v karátech; od r. 1865 rozděluje se slitina, podobně jako slitina stříbra, na 1000 dílů. Slitina č. 1. má 920 (22 kar.), č. 2. 840 (20 kar.), č. 3. 750 (18 kar.) a č. 4. 580 tisícin zlata (14 kar.) s přípustnou tolerancí 0·003; ryzí zlato má tedy 1000 d. čistého kovu neboli 24 karátů. Větší zlaté předměty domácího původu označují se podle téhož nařízení, které citováno při stříbře, hlavou šohaje ve čtverci. Jakost vyznačena arabskou číslicí 1 až 4 a počtem otupených rohů tohoto rámce, vyjímaje značku pro jakost č. 1., jejíž hlava orámována čtvercem úplným, neotupeným. Drobnější předměty, hotovené nejčastěji z posledních dvou čísel, mají býti označeny, jsou-li z čísla 3., hlavou kohouta s číslicí 3, a jsou-li z čísla 4., hlavou čejky s číslicí 4. Puncovní značkou pro zlaté zboží přivezené z ciziny jest lyra s písmenem Č.

Kromě skvostů, na něž se spotřebuje asi 20% roční těžby zlata, razí se ze zbývajících 80% mince a medaillony. Zlatou měnu zavedla nejdříve Anglie, a to již r. 1816 potom Německo r. 1873 a r. 1897 Rusko. Zlaté mince korunové měny, 10 a 20 koruny, měly 900 tisícin zlata a 100 tisícin mědi; stejné slitiny užívají Francie, Dánsko, Německo, Nizozemí, Rusko a Spojené Státy. Z 1 *kg* mincovního zlata (slitiny) razilo se 147·6 dvacetikorun nebo 295·2 desetikorun, takže se dostalo z 1 *kg* ryzího zlata 164 dvaceti- nebo 328 desetikorun. Zlaté mince anglické mají 916 tisícin čistého kovu. Československé dukáty jsou raženy z $986^{1}/_{9}$ d. zlata a $13^{8}/_{9}$ d. mědi, tedy ze slitiny velmi cenné.

Z některých slitin zlata vyrábějí se i průmyslové předměty, jež nemají rezavěti, na př. vzpružiny, které bývají ze zlata, Ag a Cu, nebo součásti hodinek, jež mají býti kromě toho velmi tvrdé; tyto jsou pak ze zlata a paladia, případně ještě s přísadou Cu a Ag. Dobrá plnicí pera, která také nemají podléhati rezavění, hotovena jsou v Americe ze slitiny 58·8% zlata, 14·7% Ag, 22·8% Cu a 3·7% Zn. — Nižší tavitelnost zlaté pájky (Goldschlaglot) než zlatého, jí spájeného zboží, se obdrží přísadou Cd nebo též i Zn. — Předměty, dostávající se k nám z Japonska a zvané šakudo nebo šakdo, jsou ze slitiny Cu, malé přísady Sb a zlata, jehož jest v ní však pouze 1—10%. Vařením v mořidle dostávají modravě černou barvu. — Cena zlata byla do války skoro stálá a pohybovala se s malými odchylkami kolem 3250 K za 1 *kg*.

L. **Platina** (Platin, platina nebo platinum, platine), Pt.

Jest známa od r. 1736, kdy byla zjištěna ve zlatě dobývaném v Kolumbii. Patří ke kovům technicky důležitým; je šedobílá, tvárná, houževnatá, velmi tažná, tvrdší než Cu, v bílém žáru svárná. Možno ji vytepati v teninké lístky a vytáhnouti v sotva viditelný drát. Takový se vyrobí oblitím tenkého platinového drátu stříbrem a dalším tažením; dosažena-li žádoucí tenkost, stříbrný drát se rozpustí v kyselině dusičné a zbude vlasový drát platinový. Nemění se vzduchem, netaví v obyčejných pecích, nerozpouští v kyselinách, leč ve vřelé lučavce, ani ve studených žíravinách; horké ji porušují.

Platina má atomovou váhu 195·2, měrnou 21·4 při 20°, takže těžší jest pouze iridium a osmium. Prodlužuje se ze všech kovů teplem nejméně; její střední lineární roztažitelnost 0·000009 je právě taková, jako roztažitelnost skla. Proto zalívají se platinové drátky při výrobě žárovek do skla bez nebezpečí, že by ohřevem praskly. Taví se při 1764°; v elektrickém oblouku lze ji destilovati. Roztavená chová se podobně jako Ag, neboť pohlcuje také O, ale ne v takovém množství, jejž tuhnouc, zase pouští.

Kromě celistvé lité nebo kované platiny vyskytuje se tento kov v obchodě také ve tvaru pórovité platinové houby a platinové černě. Platina zhušťuje na svém povrchu různé plyny a to tím účinněji, čím má větší povrch při stejném objemu; působí tedy v tomto směru nejmírněji celistvá platina, nejmocněji platinová čerň. Na této vlastnosti platiny založena jsou samočinná platinová rozžehadla.

Platina nachází se samorodá v zrnkách a šupinkách v naplaveninách řek, podobně jako zlato, a často s ním společně. Od r. 1822, kdy byla nalezena v permské gubernii na Urálu, dodávala tato oblast 90—95% veškeré světové těžby. Po ruských nalezištích mají význam jihoamerická, ležící poblíže západního pobřeží Kolumbie, v povodí řek Oporto, Condoto a Iro. R. 1830 bylo jí vytěženo v Rusku 1750 *kg*, r. 1850 164 *kg*, r. 1875 1540 *kg*, r. 1890 2840 *kg*, r. 1902 7300 *kg* a r. 1912 9600 *kg*. Kolem r. 1850 tamější výroba poklesla, poněvadž Rusko zastavilo r. 1845 ražbu platinových peněz. Světová výroba platiny r. 1916 klesla na 3500 *kg*, neboť na Urálu bylo jí vytěženo pouze 2420 *kg*; za to stoupla těžba v Kolumbii na 775 *kg*, kde Anglie zařídila veliká úpravní prádla. Něco platiny získají také tavírny zlata. Surová platina, obsahující kromě 70—85% Pt vždy 5—10% ostatních, platině podobných kovů, 1—2% Au, též Cu a Fe, dostává se do velikých tavíren platiny firem Johnson, Matthey a Co. v Londýně, Desmontin, Lemaire et Co. v Paříži, nebo Heraeus v Hanavě, kde se za mokra rafinuje.

Z platiny hotoví se především předměty, které mají snésti vysoký žár a býti stálé v chemikáliích. Je tedy nepostrádatelnou chemikovi na

kelímky, misky, trubky, plech a drát, zpracuje se také v klenotnictví, avšak většinu jí spotřebuje elektrotechnika a zubní lékařství ve tvaru drátku na žárové lampičky a k upevňování zubů. Platinové houby nebo platinového asbestu upotřebuje se k výrobě kyseliny sírové a dusičné metodou kontaktní. Hodila by se jistě k mnohým jiným účelům, kdyby tomu nebránila její vzácnost a cena, která stále stoupá. R. 1822 stál 1 *kg* platiny 672 K, r. 1902 již právě tolik jako zlato a v letech 1913—17 7200 až 14.400 K.

Řidčeji než čistého kovu užívá se platinových slitin. Budiž učiněna zmínka o nejdůležitějších: a) Na kovová zrcadla k optickým přístrojům doporučuje se slitina platiny, Cu a Zn, na př. 15 d. Pt, 10 d. Cu a 1 d. Zn. b) Na součásti hodinek, které mají míti kromě jisté houževnatosti tvrdost oceli, aniž by však byly magnetické, rezavěly a roztahovaly se teplem, hodí se slitiny platiny s Cu a Ni, po případě ještě s přísadou Cd, Co a W, na př. 62·75% Pt, 18·00% Cu, 18·00% Ni a 1·25% Cd, nebo 62·75% Pt, 16·20% Cu, 16·50% Ni, 1·25% Cd, 1·50% Co a 1·80% W. c) Na předměty, které mají odporovati vlivům chemickým i mechanickým a měniti co nejméně své rozměry změnou tepla, volí se slitiny platiny a iridia. Elektrody s 90% Pt a 10% Ir vzdorují i chloru. Z téže slitiny jsou normální metry a závaží mezinárodní komise pro míry a váhy v Paříži (1875). Ryzí iridium se taví při 2290° a jest v lučavce zcela stálé. d) Ze slitin platiny a rhodia, v lučavce také nerozpustných, dělají se termoelementy k pyrometrům. Tepelný článek Le Chatelierův, jímž lze měřiti teploty až do 1600°, skládá se z drátu platinového a z drátu ze slitiny 90% Pt a 10% Rh. K měření teplot až do 2000° hodí se článek, jehož jeden drát jest z iridia, druhý ze slitiny 90% iridia a 10% ruthenia. —

Třeba se zmíniti ještě o některých kovech, z nichž se sice výrobky přímo nehotoví, které se však přidávají k jiným kovům, aby vznikly slitiny určitých vlastností.

M. **Kadmium** (Kadmium, cadmium, cadmium), Cd.

Známé od r. 1818, podobné Zn, avšak tažnější a snáze tavitelné, měkčí než Sn a při ohybu podobně skřípající, krájitelné nožem, má váhu atomovou 112·4 a měrnou 8·64. Taví se při 321° a vře v teplotě 785°; páry kadmia jsou oranžově žluté. Slévá se snadno s většinou kovů, snižujíc značně jejich teplotu tavení. Proto se přidává zlaté pájce a je součástí zejména snadno tavitelných slitin; dříve zpracovalo se ho značně na amalgam k vytmelování zubů. Spojené Státy vyrobily ho r. 1917 asi 100 *t*, Německo 40 *t*. — R. 1913 stál 1 *kg* kusového kadmia 12 K, páskového 17 K.

N. **Vizmut** (Wismut, bismuth, bismuth), Bi.

Známý již v 15. století, jest bílý, narůžovělý, kovového lesku, slohu krystalicko-lupenatého, snadno rozdrtitelný v prach, poněvadž není příliš tvrdý, ale velmi křehký. Má atomovou váhu 208·0, měrnou 9·8 a ze všech kovů nejmenší vodivost tepla i elektřiny (viz čís. tab. 16.). Kyselina dusičná i lučavka rozpouštějí jej snadno, kyselina solná jenom nepatrně; nepůsobí na něj studená kyselina sírová. Taví se při 270°, vře v teplotě 1420°, ač již v červeném žáru prchá. Roztavený jest z nejřidších kovů, pročež se přidává sur. železu k lití ozdobných předmětů. Poněvadž má nízkou teplotu tavení připravují se z něho měkké pájky, lehce tavitelné slitiny a ve slévárenství se z něho dělají kovové modely, které se nemají značněji smršťovati Obchodní vizmut bývá znečištěn mnoha příměsky; z takového vyvěrají při ohřevu před roztavením drobné kapičky, které se na čistém netvoří. Přidává se cínu k pocínování, aby byl lesklejší. Značně se ho spotřebuje v lékařství.

Vizmut obsahují bolivianské zinkové a stříbrné rudy, o nichž byla učiněna zmínka, jakož i rudy australské, z kterýchž se ho v Anglii a Sasku hutnicky dobývá 20—30 *t* ročně. U nás se kutá na vizmutovou rudu pokusně u Breitenbachu v Rudohoří. — Koncem roku 1913 stál 1 *kg* vizmutu 26·40 K.

O. **Antimon** (Antimon, antimony, antimoine), Sb.

Jest znám od 15. věku, barvy bílé, s nádechem do modra, tím silnějším, čím má více nečistot, podle čehož lze při náležitém cviku usuzovati na jeho jakost, tvrdý a tak křehký, že může býti rozetřen v prach. Má silný lesk, lom hrubě krystalický až lupenatý, atomovou váhu 120·2, měrnou 6·62, špatnou vodivost tepla a elektřiny. Taví se při 630°, v bílém žáru prchá a vře v teplotě 1440°.

Nejvýznamnější rudná lože antimonová jsou v Číně, značná ve Francii, menší ve Španělsku, Portugalsku, Alžíru, v Československu (Proutkovice u Příbramě, Pernek a Rožňava na Slovensku). Z těžby antimonové připadá třetina na Francii. Antimon jest kromě železa jediný kov, v kterém je naše republika soběstačna. Čistého kovu se v technické praksi neužívá, ale přidává se zejména k měkkým kovům, má-li býti zvýšena jejich tvrdost a částečně i stálost v chemikáliích. Spotřeba antimonových slitin — tvrdého olova s 10—25% Sb, liteřiny, britanského a bílého kovu — stále stoupá. Dále jsou jeho sloučeniny důležité v lékařství a pro přípravu barev. — Koncem r. 1913 stál 1 *kg* antimonu 1·10 K.

P. **Mangan** (Mangan, manganese, manganèse), Mn.

Manganové rudy nebo železné, obsahující mangan, zpracují se ve vysokých pecích na železo lupínkové s 5—20% Mn. Ferromangan s 30—90% Mn dostává se v pecích elektrických a kov bez uhlíku, však často s Al, způsobem aluminotermickým. Mangan je šedobílý, podobný železu, ale nemagnetický, tvrdý, velmi křehký, v kyselinách snadno rozpustný. Má atomovou váhu 55·0, měrnou 7·39, teplotu tavení 1245° a bod varu 1900°. V technické praksi samotného se vůbec neužívá; jest kovem výhradně pomocným. Největší důležitost má v železářství pro výrobu plávkového železa a oceli, ve tvaru železa lupínkového a ferromanganu, jelikož, jak poznáno, slučuje se za horka s kyslíkem oxydů železa, v něm rozpuštěných, a železo uvolňuje; zbavuje tekuté železo také síry.

Podobný význam má mangan také ve slevárnictví, zejména Ni, Cu, mosazi a nového stříbra, kteréž kovy a slitiny též odkysličuje neboli čistí, jelikož přebírá při přetavování O, který by ohrožoval jejich pevnost i tvárnost. Kyslík odstraňuje se buď P ve tvaru fosforové mědi, nebo Si, Al, Mg a Mn. Nejúčinnější jest P; poněvadž však jeho nadbytek působí nepříznivě, kdežto nadbytek manganu nemá škodlivých účinků, třeba dáti ve většině případů manganu přednost. Mangan může býti slitině přidán podle jejího složení buď čistý, nebo lépe ve tvaru manganového chromu (asi 70% Mn a 30% Cr), manganové mědi (30% Mn a 70% Cu), manganového zinku (20% Mn a 80% Zn), manganového cínu (50% Mn a 50% Sn), manganového titanu (65—70% Mn a 30—35% Ti) a manganového boru (asi 70% Mn a 30% B). Ve slitinách těchto působí nejen mangan, nýbrž i ostatní součásti (Ti a B).

Rudy manganové se přivážely hlavně z Kavkazu, ze středního Ruska, z Bosny, Bulharska a Bukoviny. Československo nemá pravých manganových rud, totiž takových, v nichž by mangan byl hlavní součástí, nýbrž pouze rudy železné, obsahující mangan, a hodící se toliko k výrobě železa lupínkového (Chvaletice, Prešov, údolí Kisúce a dolejší část Váhu). — R. 1873 stál 1 *kg* manganu 2160 K, koncem r. 1913 K 8·30.

Q. **Chrom** (Chrom, chromium, chrome), Cr.

Jest důležitou součástí speciálních ocelí. Vyrábí se převážně ve tvaru bezuhlíkového ferrochromu z rud v malých vysokých pecích nebo v pecích elektrických. Čistý má atomovou váhu 52·0, měrnou 6·7, světlešedou barvu, značný lesk. Je velmi tvrdý, taví se v teplotě 1520°. Nejbohatší lože chromové rudy jsou v Nové Kaledonii, potom značné v Malé Asii, Řecku a Rusku, lože menšího významu v evropském Turecku, Srbsku, Bosně, Hercegovině, Banátě a ve Štýrsku. U nás chromových rud v dobyvatelném množství není. — R. 1873 stál 1 *kg* chromu 2160 K, koncem r. 1913 K 10·50.

R. **Wolfram** (Wolfram, tungsten, tungstène), W.

Stal se od r. 1900 duležitým pro výrobu speciálních ocelí a na kovová vlákna elektrických žárovek. Dříve dostával se toliko ve tvaru šedého prášku, nyní muže býti získán v elektrické peci nebo aluminotermicky jako bílý lesklý kov, na vzduchu stálý, okysličující se teprve ve vyšších teplotách, v kterých nabíhá jako železo. Má tvrdost blízkou tvrdosti diamantu, obtížně se zpracuje, v kyselině solné a sírové se nemění, v lučavce a kyselině dusičné jenom nepatrně, kdežto roztavené dusičnany jej snadno rozpouštějí. Má atomovou váhu 184·0, měrnou 19·1 (válený 19·3—20·2) a velikou pevnost; drát 0·125 *mm* v průměru snesl kolem 230 *kg*, drát síly 0·03 *mm* průměrně 416 *kg* na 1 *mm*^{2}. Jest nejtíže tavitelným kovem, neboť se taví v teplotě 3060^0, kterou pouhé sledy C velmi snižují.

K výrobě vláken do žárovek převádí se práškovitý wolfram do stavu stejnorodého, tvárného i za studena, tím způsobem, že se z prášku vylisují tyče asi 10 *mm* silné, spekou nejvyšším žárem, načež se křehké přeměňují trvalým, postupným kováním nesčetnými mírnými rázy ve zvláštních strojích při teplotě kolem 1000^0 v stejnorodý drát, ze kterého pak mohou býti vytažena i nejtenčí ohebná vlákna. Ještě výhodněji se postupuje, má-li wolfram asi 20% Ni, který se potom při 2200^0 vypaří.

Rudy wolframové vyskytují se obyčejně v těchže ložích jako rudy cínové. Do Evropy přiváží se jich nejvíce z Australie, pak jsou lože rud cínových a wolframových v Portugalsku, Cornwallu, Argentině, britské Malace a v Brasilii. U nás se počaly těžiti ve válce v Schönfeldu u Cinvaldu v Rudohoří; práce však zase zastaveny. Wolfram dostává se do obchodu většinou ve tvaru ferrowolframu (75—85% W a pod 1% C) a spotřebuje zejména na výrobu speciálních ocelí. Z jeho slitin s Al, obsahujících ještě Cu, Sn, Sb, hotoví se rámy automobilů, součásti vzducholodí; z wolframových bronzů součásti střel. Svou stálostí v chemikáliích nahrazuje wolfram, jakož i jeho slitiny, víc a více ubývající platinu. — R. 1873 stál 1 *kg* wolframu 2160 K, koncem r. 1913 K 10·30.

S. **Titan** (Titan, titanium, titane), **vanad** (Vanadin, vanadium, vanadium), **molybden** (Molybdän, molybdenum, molybdène), Ti, V, Mo.

Kovů těchto, získávaných buď v elektrických pecích nebo aluminotermicky, upotřebuje se také jedině jako přísad, avšak celkem řidčeji než předcházejících. Titan má atomovou váhu 48·1, měrnou 4·5 a taví se v teplotě kolem 1800^0; užívá se ve slévárnictví kovů ve tvaru manganového titanu nebo titanové mědi. Působí podobně jako Si. Vanad, cenná přísada k oceli, má atomovou váhu 51·0, měrnou 5·5 a taví se v teplotě

kolem 1720°. Jeho rudy jsou vzácné; vyskytují se v Mexiku, Peru a Koloradu. Ve slévárnictví kovů upotřebuje se obyčejně ve tvaru vanadíové mědi, která působí desoxydačně a dává husté, houževnaté odlitky. Molybden, taktéž přísada k oceli, s atomovou vahou 96·0, měrnou 9·0, taví se při 2550°. Nejdůležitější rudné výskyty jsou v Australii, potom ve Švédsku, Norsku a v Korutanech. —

Z novější knižní literatury ke statím B až S o výrobě a vlastnostech kovů buďtež uvedena díla:

Schnabel C., Handbuch der Metallhüttenkunde I., Kupfer, Blei, Gold, Silber, 2. vyd., Berlín, 1901.

Andés L., Blattmetalle, Bronzen u. Metallpapiere, Vídeň a Lipsko, 1902.

Neumann B., Die Metalle, Geschichte, Vorkommen und Gewinnung nebst ausführlicher Produktions- und Preisstatistik, Halle, 1904.

Schnabel C., Handbuch der Metallhüttenkunde II., Zink, Kadmium, Quecksilber, Zinn, Antimon, Arsen, Nickel, Kobalt, Platin, Aluminium, 2. vyd., Berlín, 1904.

Ledebur A., Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie, 3. vyd., Brunšvík, 1905.

Hildebrandt H., Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Hannover, 1906.

Neuburger A., Handbuch der praktischen Elektrometallurgie, Mnichov a Berlín, 1907.

Richter K., Zink, Zinn, Blei. Darstellung der Eigenschaften dieser Metalle, ihrer Legierungen und Verarbeitung, 2. vyd., Vídeň, 1909.

Ouvrard L., Industries du chrome, du manganèse, du nickel et du cobalt, Paříž, 1910.

Beck R. a Hoffmann R., Die technisch wichtigen Metalle und die Gewinnung ihrer Erze, 3. oddíl díla: Miethe, Die Technik im 20. Jahrhundert, sv. I., Brunšvík, 1911.

Bouchonnet A., Zinc, Cadmium, Cuivre, Mercure, Paříž, 1911.

Kossmann W., Über die wirtschaftliche Entwicklung der Aluminiumindustrie, Frankfurt, 1911.

Mennicke H., Die Metallurgie des Wolframs, Berlín, 1911.

Pfanhauser W., Die elektrolyt. Metallniederschläge, Lipsko, 1911.

Japing E. a Krause H., Kupfer und Messing, sowie alle technisch wichtigen Kupferlegierungen, ihre Darstellungsmethoden, Eigenschaften und Weiterverarbeitung zu Handelswaren, Vídeň a Lipsko, 1912.

Liebig M., Zink und Cadmium und ihre Gewinnung aus Erzen und Nebenprodukten, Lipsko, 1913.

Krause H., Das Aluminium und seine Legierungen, Eigenschaften, Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung, Vídeň a Lipsko, 1914.

Borchers W. a Franke R., Metallhüttenbetriebe, svazek 1.: Kupfer, Halle, 1915.

Borchers W., Metallhüttenbetriebe, svazek 2.: Nickel, Halle, 1917.

Turpin F., Étude sur les métaux industriels, Paříž, 1919.

Buchner G., Die Metallfärbung, 6. vyd., Berlín, 1920.

Koppel J., Die Metalle und ihre Verbindungen, I., II., III., Sbírka Göschenova, svazek 812, 813, 814, Berlín a Lipsko, 1920.

Behrend F., Die Kupfer- und Schwefelerze von Osteuropa, Lipsko a Berlín, 1921.

Borchers W., Metallhüttenbetriebe, svazek 3.: Aluminium, Halle, 1921.

B o r c h e r s W., Hüttenwesen. Kurze Übersicht über die heutigen Verfahren zur Gewinnung der wichtigen Metalle, 2. vyd., Halle, 1921.

E s c a r d J., L'Aluminium dans l'industrie, 2. vyd., Paříž, 1921.

L e v a s s e u r A., Les Métallurgies élektrolytiques et leurs applications, Paříž, 1921.

B u c h n e r G., Das Aetzen der Metalle und das Färben der Metalle, 3. vyd., Berlín, 1922.

F e n c h e l A., Metallkunde, 2. vyd., Hamburk, 1922.

F r a e n k e l W., Leitfaden der Metallurgie, Drážďany a Lipsko, 1922.

K r a u s e H., Metallfärbung, Berlín, 1922.

B u c h n e r G., Hilfsbuch für Metalltechniker, 3. vyd., Berlín, 1923.

S t e i n a c h H. a B u c h n e r G., Die galvanischen Metallniederschläge und deren Ausführung, 4. vyd., Berlín, 1923.

T. **Slitiny** (Legierungen, alloys, alliages).

Jednotlivé kovy mají sice velmi rozmanité vlastnosti, ale přece nevyhovují všem potřebám prakse. Proto užívá se hojněji než čistých kovů slitin, které dávají nové látky, odlišných vlastností. Slitiny jsou vlastně ztuhlé vzájemné roztoky dvou i více kovů, nebo též i metalloidů a plynů v kovech. Od chemických sloučenin se liší proto, že se spojují v poměrech, nezávislých na atomových vahách, a od pouhých mechanických směsí tím, že jejich součásti lze úplně odděliti toliko chemickou cestou a pak, že jejich vlastnosti nezávisí bezprostředně na vlastnostech slitých součástí, nýbrž mohou se jeviti jako vlastnosti zcela nové látky. Slitiny mohou míti nižší teplotu tavení, větší měrnou váhu, větší tvrdost a pevnost než kterákoli z jejich součástí, což při jednoduché mechanické směsi by nebylo možné.

Mnohé slitiny hotoví se k docílení určité barvy, jiné k dosažení určité tvrdosti, pevnosti, vysokého lesku, stálosti v chemikáliích, tažnosti, k docílení zvučnosti, houževnatosti, snadné tavitelnosti atd. Slitiny obdržují se skoro vždy v tekutém stavu, ve více nebo méně vysoké teplotě, a musí býti buď všechny jejich součásti roztaveny, nebo jenom některé, v nichž se pak ostatní rozpouštějí.

O rozpouštěcích schopnostech kovů v tekutém stavu, to jest o tom, zda se vzájemně zcela rozpouštějí nebo jen částečně, nebo jsou v sobě nerozpustné, o pochodech při tuhnutí čistých kovů i slitin, o vzniku jejich struktury, o nejdůležitějších typech diagramů chladnutí slitin dvoulátkových i vícelátkových, o změnách, dějících se již ve ztuhlém stavu jednoduchých i složených látek, pojednává metallografie, která přispěla neobyčejnou měrou k poznání důležitých vlastností slitin.

Ve slitinách p o z m ě ň u j í s e v ž d y původní vlastnosti kovů. Pro vliv slití na p e v n o s t, jíž rozumí se většinou pevnost v tahu, neboť stoupá-li tato, stoupají obyčejně i ostatní druhy pevnosti anebo naopak, nelze uvésti všeobecně platného pravidla. Ale vždy změní se pevnost

látky přísadou látky druhé; nejčastěji se zvětší. Pak pevnost s přibývajícím množstvím přidané látky stoupá až k jisté hodnotě, která odpovídá vždy nějakému významnému bodu diagramu rovnováhy. Je-li bod ten překročen, pevnost se zase rychle mění. Z toho jest zřejmo, že změny pevnosti souvisí nejúžeji s pochody v tuhnoucí a chladnoucí slitině. I kovy nebo matalloidy méně pevné než kov, s nímž jsou slity, mohou zvětšiti značně jeho pevnost. Přísadou třetí látky k slitině dvouelementové možno dosíci dalšího zvětšení pevnosti; není však vyloučeno i její klesnutí.

Zvětšení pevnosti kovu slitím způsobí pravidelně i stoupnutí meze průtažnosti, a to ještě větší, než stoupnutí meze pevnosti, takže se obě meze sbližují. U mnohých slitin mez průtahu obyčejně ještě stoupá, když zvětšováním obsahu přidané látky mez pevnosti byla již překročena; někdy se obě meze i ztotožní. Čím blíže sebe leží, tím křehčí jest materiál a tím větší nebezpečí náhlého lomu, je-li mez pevnosti překročena. Materiál takový nemá houževnatosti a nesnáší otřesů nebo rázů. Častěji než tímto způsobem posuzuje se houževnatost, opačná vlastnost křehkosti, velikostí prodloužení při zkoušce tahem.

Dále má na pevnost slitin podstatný vliv r y c h l o s t   c h l a d n u t í při lití. Nejčastěji působí rychlé chladnutí příznivě na jejich mechanické vlastnosti. Bronzy přehřáté a lité do kokyl jsou pevnější a houževnatější než chladné a lité do písku. Z p r a c o v á n í m   z a   s t u d e n a může býti pevnost slitin více než zdvojnásobena, ovšem za značného poklesu tažnosti. Zároveň zvětší se však i mez průtahu, materiál se stane křehčím. Žíháním obě meze klesají, křehkost mizí, tažnost rychle stoupá. Přehnané zpracování za studena může způsobiti vznik škodlivých vnitřních pětí, která mohou vzrůsti tak, že materiál trhne; odstraní se mírným ohřevem. O pevnosti slitin ve v y š š í c h   t e p l o t á c h možno říci, že jí ubývá se stoupající teplotou až na některé výjimky, a prodloužení často, nikoli vždy, nejdříve poněkud stoupá, aby od jisté teploty také klesalo. S teplotou, klesající pod obyčejnou teplotu, pevnosti přibývá, kdežto tažnosti ubývá.

T v r d o s t kovu se slitím s jinou látkou, byť i byla měkčí, všeobecně až po její určitý obsah zvětšuje. I změny tvrdosti závisí na vnitřních pochodech za tuhnutí a chladnutí slitiny. Zvláštním úkazem jest, že tvrdost některých slitin není stálá, nýbrž že se časem mění. Vliv zpracování za studena válením, tažením a kováním na tvrdost může býti také velmi značný a jest celkem obdobný jeho vlivu na pevnost. Přísadou další látky ke slitině dvojelementové se tvrdost zpravidla ještě zvětší.

S rostoucí tvrdostí zmenšuje se obyčejně t v á r n o s t a stoupá křehkost. Tvárnost závisí ovšem také na teplotě. Zkušenost učí, že obecně nejčistší kovy mají největší tvárnost, které slitím ubývá, a že někdy může klesnouti až na nulu. Nezřídka stačí malá množství cizích látek, aby kov, jenž má míti jistou tvárnost, stal se nepotřebným. Chemické

sloučeniny dvou kovů vyznačují se obyčejně velkou tvrdostí a křehkostí, tedy malou tvárností.

Čím tvárnější je kov, tím obtížněji se hobluje, soustruží, frézuje a piluje; říká se, že maže. Ubýváním tvárnosti se stoupající tvrdostí opracovatelnost naopak stoupá až k jisté nejvyšší hodnotě; po přestoupení této zase klesá. Proto tedy, jak přílišná tvárnost, tak i tvrdost, opracování ztěžují. Zcela všeobecně lze říci, že čisté kovy opracují se řezacími nástroji a pilováním obtížněji než jejich slitiny. Proto přidávají se nezřídka, když snížení tvárnosti není škodlivé, ke kovum přísady, jež mají zlepšiti jejich opracovatelnost.

Teploty tavení kovů se slitím obyčejně sníží, někdy však i zvýší. Teploty ty lze vyčísti z diagramů rovnováhy, které jsou skoro pro všechny technicky důležité slitiny prozkoumány a publikovány. Přidáním třetího nebo čtvrtého kovu ke slitině ze dvou kovů mohou býti teploty tavení ještě více sníženy a připraveny slitiny tak lehce tavitelné, že se roztavují již v horké vodě nebo žhavým vzduchem. Tak se taví při 93⁰ známá potrojná slitina z 2 d. Bi, 1 d. Pb a 1 d. Sn (díly váhové), zvaná kovem Roseovým. Přísadou kadmia vzniknou slitiny počtverné, z olova, cínu, vizmutu a kadmia, ještě s nižší teplotou tavení. Nejnižší bude míti ovšem slitina eutektická, jejíž složení určili Parravano a Sirovich r. 1912 na 27·27% Pb, 13·13% Sn, 49·50% Bi a 10·10% Cd (zaokrouhleně 27% Pb, 13% Sn, 50% Bi a 10% Cd) a stanovili její bod tavení na 70⁰. Eutektické slitině odpovídá skoro zcela kov Woodův, známý již r. 1860, jehož složení určeno bylo empirickými pokusy; Wood udal, že obsahuje 4 d. Pb, 2 d. Sn, 7—8 d. Bi a 1—2 d. Cd. Totéž platí o kovu Lipowitzově z 8 d. Pb, 4 d. Sn, 15 d. Bi a 3 d. Cd, jehož složení se liší od předcházejícího pouze tím, že množství jeho součástí udáno hodnotami dvojnásobnými, nahradí-li se v kovu Woodově množství 7—8 Bi střední hodnotou 7·5 a 1—2 Cd hodnotou 1·5.

Slitiny, lišící se od slitiny eutektické, budou se taviti ve vyšších teplotách, a to nikoli v jediném bodě, jako slitina eutektická, nýbrž v tepelném intervalu, jak dokazují i příklady na číselné tabulce 17., kdež slitiny 1—6 jsou počtverné, ostatní potrojné. Z nich jest č. 1. eutektikem čtyřlátkovým a čísla 7, 11 jsou eutektika trojlátková.

Lehce tavitelné slitiny jsou důležité pro samočinná bezpečnostní opatření proti ohni ve skladištích bavlny, v textilních závodech, zejména v čistírnách, v divadlech a jiných veřejných místnostech. Stoupne-li teplota vzduchu v takových místnostech, roztaví se zátky z těchto slitin v hrdlech rozvětvených potrubí, naplněných vodou, a vodní záplava uhasí oheň v zárodku.

Slévatelnost čistých kovů, závislá na jejich řídkosti v roztaveném stavu a na tom, pohlcují-li mechanicky plyny, které při chladnutí zase pouštějí, jest obyčejně menší než slitin. Tyto se smršťují tuhnutím

nezřídka více než jejich součástky. — Na *vyměšování* jednotlivých složek z tuhnoucí slitiny má vliv její způsob chladnutí, rozdíl v měrné váze jednotlivých součástí a rychlost chladnutí. Ve slitinách, vylučujících při tuhnutí směsové krystaly, může po případě volné chlazení prospěti více než rychlé.

Číselná tabulka 17.

Číslo slitiny	Chemické složení v % podle váhy				Tuhnutí	
	Pb %	Sn %	Bi %	Cd %	bod (eutekt.) °C	interval °C
1.	26·3	13·3	50	10	70·0	—
2.	24	14	48	13	—	75—70
3.	32	13	45	10	—	75—70
4.	35	13	42	10	—	80—70
5.	37	13	40	10	—	85—70
6.	35	20	35	10	—	100—70
7.	40	—	52	8	91·5	—
8.	42	—	50	8	—	95—91·5
9.	44	—	48	8	—	100—91·5
10.	48	—	44	8	—	110—91·5
11.	32	16	52	—	96·0	—
12.	34	16	50	—	—	100—96
13.	36	16	48	—	—	105—96
14.	38	16	46	—	—	110—96
15.	40	16	44	—	—	115—96
16.	42	16	42	—	—	120—96

Měrná váha slitiny, vypočítaná z měrných vah jednotlivých součástí, shoduje se se skutečnou vahou toliko v některých případech. Někdy jest menší, takže slitina zvětšila svůj objem, častěji větší, v kterémž případě se zhustila. Nezřídka jest měrná váha slitiny větší než měrná váha každé součásti. Příčinou toho je, že měrná váha slitiny *není* vlastností aditivní; u různorodých směsí jest aditivní specifický objem. Na měrnou váhu má vliv také způsob zpracování; tažením se zvětšuje, žíháním zase zmenšuje. — Ryzí kovy jsou vesměs lepšími *vodiči tepla a elektřiny* než slitiny. Elektrická vodivost ryzích kovů klesá i velmi malým množstvím přísad, tvoří-li s nimi směsové krystaly.

Jako se více nebo méně odchyluje většina vlastností slitin od vlastností jejich součástí, tak i jejich *barva* není směsí barev jednotlivých složek, nýbrž barva často odlišná. Kdežto smíšením barvy červené a bílé mohla by vzniknouti toliko barva světlečervená nebo načervenalá, má

slitina mědi a zinku, mosaz, barvu čistě žlutou až zlatožlutou. Přídavkem třetího kovu možno vyvolati další odlišné zabarvení. Na změnu barvy ve slitinách nepůsobí všechny kovy stejně účinně. Možno je sestaviti v řadu, jejímž prvým členem jsou kovy Sn, Ni, Al a pak následují Mn, Zn, Pb, Pt, Fe, Cu, Ag, Au. V řadě této každý předcházející člen působí mocněji na barvu, měně ji intensivněji než člen následující, takže barva posledních členů může býti změněna již nepatrným přídavkem členů prvých.

Slitím stoupá vzdornost kovu vlivum chemickým, když přidaný kov jest ušlechtilejší než hlavní, a oba tvoří spolu směsové krystaly. Netvoří-li jich, může schopnost ta, na niž má vliv i zpracování slitin, naopak klesnouti.

Slitiny se připravují buď z kovů nových, dosud nepoužitých, nebo i ze starých, již upotřebených. V posledním případě dostávají se slitiny nejisté, nespolehlivé. Jsou-li kovy, které mají býti slity, těžko tavitelné, roztaví se každý zvlášť a roztavené teprve slijí za náležitého promíchání. Třeba-li připraviti slitinu z kovů tajících velmi rozdílně, roztaví se kov těžce tavitelný, a druhý k němu přidá pevný. Má-li býti slito velké množství lehce tavitelného kovu s malým množstvím kovu těžko tavitelného, roztaví se oba kovy a slijí především as stejná váhová množství v pomocnou slitinu (Vorlegierung) a ta teprve po novém roztavení slije se zbytkem nadbytečného kovu. Podobně se postupuje, je-li slitina ze tří nebo více kovů. Cenné pokyny, které elementy spojovat v pomocné slitiny, aby šetřeno bylo kovů a šetřen čas i náklad, udávají zase diagramy tuhnutí.

I. Bronzy.

Patří k nejstarším známým slitinám. Všeobecně rozumí se tímto pojmenováním měď, jíž dodána byla přimíšením jiných látek větší tvrdost, pevnost, stálost a slévatelnost. Poněvadž účelu toho lze dosíci různými látkami, rozeznávají se i různé bronzy. Nejznámější a nejrozšířenější jest bronz cínový.

1. Bronz cínový,

t. j. slitina mědi a cínu, s převážným obsahem prvého kovu. Pevnost bronzu stoupá do obsahu 17—18% Sn, načež klesá. Při tomto množství dosahuje pevnost litého bronzu 38 *kg* a klesne při 42% Sn až asi na 1 *kg* na 1 mm^2. S přibývajícím obsahem Sn stoupá i tvrdost bronzu a nabývá největší hodnoty asi při 30% Sn, kdy je několikráte větší než tvrdost mědi; houževnatosti a tvárnosti ubývá. Ač je Cu za studena dobře zpracovatelna, lze bronzy tvářeti tímto způsobem toliko tehdy, neobsahují-li cínu více než 6—8%, krajně 10%, a byla-li měď dokonale odkysličena. Za horka, a to v tmavočerveném žáru, možno bronzy zpracovati na základě tvárnosti až asi do obsahu 22% Sn.

Bronzy při lití rychle chlazené jsou křehčí a tvrdší než bronzy tuhnoucí pozvolna. Jejich tvrdost lze zmenšiti ohřátím do tmavočervena a zakalením ve vodě. Pochod tento zove se popouštěním bronzu; jeho účinek roste s obsahem Sn. Pohlceným kyslíkem bronz houstne a jeho křehkost se zvětšuje; proto třeba taviti pod vrstvou uhelného prachu nebo odstraniti O ze slitiny mocným odkysličujícím prostředkem, na př. fosforem. Že Sn účinně odbarvuje, ukazuje stupnice na str. 242. Bronz s 10% Sn je žlutočervený, s 20% nažloutlý a s 30% úplně bílý. Význačnou vlastností bronzů jest jejich zvučnost a leštitelnost. — Je-li podmínkou, aby bronz byl tvrdý a pevný, pak se skládá výhradně z mědi a cínu. Stačí-li jen střední hodnoty těchto vlastností a vyžadována vlastnost jiná, přidávají se bronzu ještě další kovy, zvláště Zn a Pb, které snižují jeho cenu a zvětšují slévatelnost. Olova přidává se něco jen tehdy, mají-li bronzové předměty býti opracovány řezacími nástroji, poněvadž pak třísky jsou křehké a od ostří nože snáze odpadávají.

Složení cínových bronzů řídí se účelem, jemuž mají sloužiti, a podle něho se také dělí.

a. **Dělovina** (Kanonengut, Geschützbronze). Má býti pevná, tvrdá, co nejméně křehká; proto smí obsahovati jen mírně cínu. Vyloučeny jsou přísady Zn a Pb. Je tedy dělovina slitinou pouze mědi a cínu, jehož obsahuje od 9 do 12%. Meze tyto se obyčejně nepřekročují v žádném směru. Jen výjimečně přidáván v některých státech k zvětšení slévatelnosti zinek; přípustný je nejvýše do obsahu 2%. Z děloviny hotovila se děla od r. 1130 — polních bronzových užívá se až do dneška — pak teprve následovala výroba litinových a nejpozději ocelových děl. — Dělovina taví se v plamenných pecích, topených dřívím,*) aby vyloučen byl nebezpečný vliv sirnatých součástí zplodin hoření kamenného uhlí.

Tak zv. ocelový bronz neboli Uchatiův (Uchatius, bývalý rak. generálmajor) je také čistá dělovina, ale toliko s 8% cínu, bez jakékoli další přísady, tedy i bez oceli, jak by pojmenování mohlo naznačovati. Je to slitina velmi houževnatá, ale měkká. Proto zvětšována byla její tvrdost uměle tím, že vyvrtaným dělem protlačovány byly hydraulickým tlakem ocelové trny, postupně o něco větší a větší než bylo vrtání. Práce se opakovala tak dlouho, až vnitřek děla náležitě ztvrdl, kdežto zevnějšek, zůstavší houževnatý, chránil dělo před roztržením.

b. **Zvonovina** (Glockenmetall). Musí býti tvrdá, zvučná, ale nikoli příliš křehká. Skládá se také pouze z mědi a cínu, má-li míti jasný, čistý zvuk. Každá jiná přimíšenina spíše škodí než prospívá, i stříbro, o němž se domnívali, že podporuje jasnost zvuku. Obsahuje 20—23% Sn; věžní zvony mívají ho průměrně 22%. Nahodilé příměsky, Pb, Fe, Zn a j., vyskytující se v malých množstvích ve zvonech, pocházejí z nečistot kovů, užitých k slití; staré zvony jich mívají více než nové. Slitina při-

*) Příklad na diagr. č. 11. k III. a IV. části Mechanické technologie.

pravuje se také v plamenných pecích, topených dřívím. Nejdříve se roztaví stará zvonovina s potřebným množstvím mědi, načež teprve se vloží do lázně cín.*)

Malých zvonků užíváno bylo již při staroegyptských bohoslužbách, velkých kostelních zvonů od 6. století po Kristu. — Čínská deskovitá zvonítka, tamtamy a gongy, vykovaná za počínajícího tmavočerveného žáru, na něž se tluče klepátky, jsou ze slitiny 80% mědi a 20% cínu. Maličké zvonky, jasného stříbrného zvuku, hotoví se ze slitiny 40% mědi a 60% cínu; říká se jí stříbrná zvonovina (Silber-Glockenmetall).

c. **Zrcadlovina** (Spiegelbronze). Podmínkou je světlá barva a veliká leštitelnost. Poněvadž může býti křehčí, volí se k přípravě zrcadloviny největší přísada cínu, totiž 30—33%. Ve starověku užíváno bylo kovových zrcadel, převážně bronzových; stříbrná a zlatá vyskytují se teprve od dob římských císařů. Nyní potřebují se toliko k optickým přístrojům. Po slití vsadí se zrcadlovina i s formou do vyhřáté chladicí peci, ve které se nechá pozvolna vychladnouti.

d. **Bronz sochový** (Kunstbronze) k odlívání soch, pomníků, okras, ozdobných předmětů a pod. V dobách rozkvětu umění řeckého hotoveny byly předměty takové z čistého bronzu s 75—90% mědi; nejvýše část cínu byla nahrazena olovem, které pokládáno tehdy za špatnější cín. V dobách římských počal se sochovému bronzu přidávati zinek. Dnes obsahuje bronz, zvláště k lití umělecko-průmyslových ozdobných předmětů, více zinku než cínu, ba někdy tohoto tak málo, že slitina přestává býti vlastně bronzem a jest mosazí nebo přechodem k ní; za hranici možno považovati obsah 10% Zn.

Sochový bronz má býti dobře slévatelný, dovolovati sochařské zpracování odlitku a býti stálý vůči vlivům povětrnostním i mechanickým. Jeho původní žlutočervená barva má přejíti během doby v teplou, temněhnědou barvu základní a pokrýti se světlezelenou, hladkou vrstvou patiny, pod níž mají trvati i nejjemnější detaily v nezměněné původní ostrosti po celá století. Přísada zinku sochovému bronzu není na závadu. Slitina stane se slévatelnější a mnohem lacinější, neboť zinku může býti přidáno značně více než cínu, jelikož jeho vliv na měď není tak mocný jako cínu. Podle Kruppa hodí se k odlévání soch všechny bronzy složení od 84·42% Cu, 11·28% Zn, 4·30% Sn do 65·95% Cu, 31·56% Zn a 2·49% Sn; prvý má barvu žlutočervenou, druhý světležlutou.

K dalšímu zvětšení slévatelnosti a opracovatelnosti sekáčem i pilníkem přidává se sochovému bronzu i olova. Z uvedeného plyne, že složení sochových bronzů se pohybuje v mezích značně širokých; novější bronzy obsahují nejčastěji 80—90% Cu, 3—8% Sn, 1—10% Zn a 1—3% Pb. Elster doporučuje na sochy, které mají státi venku, slitinu z 86·66% Cu,

*) O lití zvonů viz Giesserei-Zeitung, 1911, str. 54.

6·66% Sn, 3·33% Zn a 3·33% Pb, která je zajisté lepší než k témuž účelu doporučená D'Arcetem s 78·4% Cu, 2·9% Sn, 17·2% Zn a 1·5% Pb.*) — Malá množství sochového bronzu, na menší předměty, připravují se v kelímcích, kdežto větší množství se taví v plamenných pecích podobně jako dělovina.**)

e. **Bronz mincovní** (Münzenbronze). Již nejstarší řecké a římské měděné mince obsahují Sn, aby byly tvrdší a rychle se neopotřebovaly, ale jsou bez Pb, které se v nich vyskytuje teprve kolem r. 500 před Kristem; později Pb mizí a jest nahrazeno Zn. I dnešní mince (od r. 1850) jsou ze slitiny Cu, Sn a Zn; francouzské, anglické, německé, švédské a j. obsahují 95% Cu, 4% Sn a 1% Zn, kdežto dánské 90% Cu, 5% Sn a 5% Zn a italské 96% Cu a 4% Sn. Bronzové medaillony se razí z podobné slitiny, ale poněkud tvrdší; francouzské mají 5—8% Sn, anglické 8—10% Sn.

f. **Bronz strojový** (Maschinenbronze), na nejrozmanitější strojní součásti, jako ventilová sedla, talíře i tělesa, kohouty, pumpovní a ventilové komory, ucpávky, matky, pístové těsnicí kroužky, parní šoupátka, šroubová soukolí, ložiskové pánve, povlaky hřídelů, součásti k hydraulickým rozvodům i strojům a pod. Jsou to vesměs části, které se buď o železné stále trou, nebo by nebyly stálé, po případě rezavěly, kdyby byly železné nebo ocelové. Požadavky kladené na materiál, z něhož jsou zhotoveny, mění se podle účelu. Části, jež se o sebe valivě nebo kluzně trou, mají míti při náležité pevnosti a tvrdosti co nejmenší koeficient tření, aby se málo opotřebovaly, ozubená kola musí býti pevná a tvrdá, ventily a pumpovní písty ve stěnách plné, bez pórů, a jiné býti zase stálé v chemikaliích.

Jedna z částí, které se o sebe trou, provede se z bronzu jednak proto, aby sníženo bylo tření, zejména však, aby se neopotřebovaly obě části a nemusely býti po kratší nebo delší době vyměněny, jak by tomu bylo, kdyby byly ze stejného materiálu. Proto se provede ona, jejíž výměna je snazší a lacinější, z materiálu měkčího, ovšem takového, aby opotřebování co nejvíce vzdoroval. Poněvadž všechny uvedené strojní součásti jsou lité, možno bronzu přidati Zn, takže se pak strojové bronzy často shodují se sochovými. Jelikož z poznaného důvodu je přípustna i přísada Pb, mají strojové bronzy složení nejrozmanitější, vždy přizpůsobené určitému účelu. Jsou slitinami buď podvojnými, odpovídajícími dělovině až skoro zvonovině, nebo potrojnými z Cu, Sn a Zn, nejčastějšího složení 80—90% Cu, 5—18% Sn a 2—8% Zn, nebo řidčeji potrojnými z Cu, Sn, Pb a výjimečně i počtvernými z Cu, Sn, Zn a Pb.***) Československé

*) Mnoho analys bronzů i ostatních slitin obsahují díla: Reinglass P., Chemische Technologie der Legierungen, I. díl, Lipsko, 1919 a Ledebur A. a Bauer O., Die Legierungen, 5. vydání, Berlín, 1919.

**) Bližší viz: Förster B. Ueber den Bronzeguss in alter und neuer Zeit, Stahl und Eisen, 1918, str. 675.

***) Příklady složení viz v hořejších pramenech.

státní dráhy upotřebují trojího bronzu: měkkého s 88% Cu a 12% Sn, tvrdého s 80% Cu, 9% Sn, 8% Zn a 3% Pb a fosforového se 79·4% Cu, 9% Sn, 8% Zn, 3% Pb a 0·6% fosforové mědi.

L o ž i s k o v é b r o n z y obsahovaly původně také jenom Cu a Sn. Opotřebují se sice málo, ale hřejí, přestoupil-li specifický tlak zároveň s rychlostí určitou velikost. Pro mírnější rychlosti i tlaky osvědčila se dobře lacinější slitina s Pb. Z pokusů konaných D u d l e y e m r. 1892 na popud Franklinova Institutu ve Filadelfii plyne, že příznivě působí z n a č n ě j š í přísada Pb. Ze zkoušených ložiskových bronzů osvědčila se nejlépe slitina 77% Cu, 8% Sn a 15% Pb. Nejnověji upotřebuje se s úspěchem slitin, obsahujících ještě více Pb. C l a m e r prokázal, že opotřebování klesá s ubývajícím obsahem Sn a ještě více s přibývajícím množstvím Pb. Ze slitin jím zkoušených opotřebovala se nejméně slitina 64% Cu, 5% Sn, 30% Pb a 1% Ni, zvaná bronzem p l a s t i c k ý m; Ni byl přidán, aby zamezil vyměšování olova ze slitiny, poněvadž v potrojných slitinách mědi, cínu a olova jsou součásti v tekutém stavu vzájemně dokonale rozpustny jenom, dokud obsah Cu neklesne pod 70%. Týž autor poznal také, že přísada Zn k bronzům, obsahujícím značnější množství mědi, škodí, zvětšujíc opotřebení.

g. **Bronz fosforový** (Phosphor-Zinnbronze). Jest cínový bronz, odkysličený fosforem, čímž se stal řidčí, slévatelnější, pevnější, tvrdší a chemicky stálejší. Ve francouzské slévárně děl znali příznivý vliv fosforu již od r. 1854, ale utajili jej až do r. 1871. Fosfor nemůže býti přidán roztavené slitině přímo, poněvadž by částečně shořel, částečně se vysokou teplotou odpařil; proto přidává se ve tvaru fosforové mědi, nejčastěji s 10% P, nebo ve tvaru fosforového cínu, obyčejně s 5% P.

Pevnost cínových bronzů až do obsahu 10% Sn náležitou přísadou fosforu stoupne bez újmy houževnatosti. Měl-li na př. obyčejný bronz mez pružnosti 12·0 *kg*, mez pevnosti 16·1 *kg* na 1 mm^2 a 2% prodloužení, měl po odkysličení fosforem mez pružnosti 13·5 *kg*, pevnosti 25·8 *kg* a prodloužení 6·8%; všeobecně možno říci, že fosforové bronzy jsou alespoň o 30% pevnější než obyčejné. Účinku mořské vody odporují o třetinu lépe než čistá Cu. G u i l l e t poznal, že zlepšení bronzů mizí tím rychleji, čím více nadbytečného fosforu zůstává ve slitině; třeba tedy při přípravě slitiny pečlivě dbáti toho, aby se jí nepřidalo P více než třeba k odstranění O. Jelikož podle toho jest nejlepším bronzem právě ten, který fosforu buď vůbec nemá, nebo jenom sledy, není pojmenování odkysličeného bronzu fosforovým bronzem příliš šťastné.

Poněvadž fosforový bronz se třením málo otírá a svými vlastnostmi vyniká nad strojní, hodí se dobře na ložiskové pánve pro veliké specifické tlaky, na lokomotivní šoupátka, pístní tyče hydraulických válců, pumpy na kyseliny a mnohé jiné strojní součásti, potom na formy vysokých pecí, lodní plechy, torpéda, někdy i na důlní lana a j. Podle pokusů P h i l i p o-

vých má fosforový bronz míti 90—92% Cu, 9·7—9·4% Sn a 0·3—0·6% P. Britské námořnictvo předpisuje složení 90% Cu, 9·7% Sn, 0·3% P a německé na strojní části, jsoucí ve styku s mořskou vodou, buď 89% Cu, 10% Sn a 1% fosforové mědi (10procentní), nebo 87% Cu, 12% Sn a 1% fosforové mědi (10procentní). Fosforový bronz nemá obsahovati Zn, jelikož působí nepříznivě již v množství 0·01—0·02%. Fosforový bronz na telefonní dráty má sice značně menší vodivost než bronz bez P, ale pevnost až 90 *kg* na 1 mm^2.

2. **Bronz křemíkový** (Siliciumbronze).

Byl-li z roztavené mědi nebo z roztaveného bronzu odstraněn O křemíkem, nazývá se materiál, byť by ani cínu neobsahoval, nýbrž se skládal pouze z mědi a nepatrného, nebo i poněkud většího, množství křemíku (0·03—1·5%), bronzem křemíkovým. Cínových křemíkových bronzů užívá se toliko ojediněle. Ze siliciového bronzu vyrábějí se převážně telegrafní a telefonní dráty, vynikající nad železné větší vodivostí a nad měděné větší pevností, avšak horší vodivosti, kterou zmenšuje nadbytek Si více než O v měděných drátech. Telegrafní dráty z křemíkového bronzu složení 99·94% Cu, 0·03% Sn a 0·03% Si mají pevnost 45 *kg* proti pevnosti 28 *kg* na 1 mm^2 drátů měděných a vodivost 98, je-li vodivost měděného drátu 100.

3. **Bronz manganový** (Manganbronze).

Mangan rozkládá kysličník mědi podobně jako P nebo Si, avšak jeho nadbytek nepůsobí škodlivě*); přidává se ve tvaru manganové mědi. Zvětšuje tvrdost a pevnost, aniž by zmenšoval stejnou měrou houževnatost. Slitiny mědi s manganem zovou se manganovým bronzem, i když cínu neobsahují. Přísada manganu jest buď jen taková, aby stačila k odkysličení, tedy 0·25—0·5% Mn nebo 3—6% manganové mědi, takže ve slitině zbudou pouze jeho sledy, nebo je větší, 3—15% Mn, a slitina obsahuje ještě buď Cu, nebo Cu a Sn, konečně Cu, Sn i Zn, případně také i něco Fe.

Na rozpěrné svorníky lokomotivních kotlů, jakož i ve stavbě lodních strojů osvědčily se dobře manganové bronzy s 5—6% Mn. Podržují totiž svou původní pevnost i ve vyšších teplotách. Tak na př., měla-li čistá měď při 15° pevnost v tahu 23·7 *kg* na 1 mm^2, klesla pevnost ta při 200° již na 17·5 *kg*, kdežto pevnost manganového bronzu 35·9 *kg* při 15°, klesla při 200° toliko na 35·7 *kg*. V Anglii upotřebují v lodním stavitelství manganových bronzů asi s 12% Mn; mají pevnost 40—52 *kg*, kterou podržují ještě při teplotách kolem 350°. Ač manganové bronzy vynikají výbornými vlastnostmi, přece se v technické praksi tak nerozšířily jako bronzy fosforové.

---

*) Opak tvrdí Guillet o manganu a cínovém bronzu.

Číselná tabulka 18.

Skupina	Pojmenování	Složení v % (přibližné) Cu	Sn	Zn	Pb	Al	Upotřebení
Cínové bronzy (fosforové bronzy)	bronz k lití 20	80	20	—	—	—	na velmi namáhané části s velkým opotřebením, na př. na nožní ložiska, ochranné desky, zvony, šoupátková sedla;
	bronz k lití 14	86	14	—	—	—	tvrdá slitina na velmi namáhané ložiskové pánve, ozubená kola a šrouby, ventilová sedla a hydraulické přístroje;
	bronz k lití 10	90	10	—	—	—	měkká slitina na křídlová kola, armatury pro oleje k pohonu i topení;
	bronz k válení 6	94	6	—	—	—	na dráty, plechy, pásy;
	bronz k válení 3	97	3	—	—	—	na vodicí dráty velké chemické stálosti, pásy, tyče, vzpružiny;
Červená litina	červená litina 10	86	10	4	—	—	na ventily, kohouty, kolena, hrdla, vlnité trouby, součásti k pumpám, strojům a kondensátorům;
	červená litina 9	85	9	6	—	—	k účelům železničním, zejména na armatury;
	červená litina 4	93	4	3	—	—	k tvrdému spájení přírub a jiných částí;
	červená litina 8	82	8	10 (Zn+Pb)		—	tvrdá slitina na lité strojní součásti, jež se opotřebují;
	červená litina 5	85	5	10 (Zn+Pb)		—	měkká slitina na lité strojní součásti, ventily, kohouty, lesklé strojní armatury;
Zvláštní bronzy	olověný cínový bronz 10	86	10	—	4	—	na pánve k ložiskům dynam, válců k válení za tepla a k čepům ojnic;
	olověný cínový bronz 8	79	8	—	13	—	na pánve k ložiskům s velkými tlaky (válců k válení za studena);
	hliníkový bronz	90 až 95	—	—	—	10 až 5	na tenké plechy, tyče, výkovky, dráty a části, jež mají vzdorovati mořské vodě.

K výrobě odporových drátů na stavbu elektrických měřicích přístrojů a různých odporových zařízení osvědčila se velmi dobře počtverná slitina, zvaná manganin, vynikající velmi malou elektrickou vodivostí, složení na př.: 82·12% Cu, 15·02% Mn, 2·29% Ni a 0·57% Fe.*)

4. **Bronz hliníkový** (Aluminiumbronze.)**)

Je slitina pouze mědi a hliníku, který působí na vlastnosti mědi podobně jako cín, jenže účinněji. Pevnost a tvrdost zvětšuje, houževnatost a tvárnost zmenšuje; zároveň jest mocným odkysličovadlem. Červená barva mědi přechází již poměrně malým obsahem hliníku v zlatožlutou. Slitiny tyto chovají se podobně jako bronzy cínové, jež předčí pevností a tvrdostí; také jsou stálejší v mořské vodě. Někdy jest výhodna i jejich menší měrná váha; má totiž cínový bronz s 10% Sn měrnou váhu 8·6, kdežto hliníkový, také s 10% Al, 7·6. Jsou v červeném žáru dobře kujné. Ač se vyznačují výhodnými vlastnostmi, přece se neupotřebují všeobecněji než bronzy cínové.

Hliníkové bronzy, pro technické účely nejvhodnější, mívají 90—95% Cu a 10—5% Al. K porovnání pevnostních vlastností budiž uvedeno, že cínový bronz s 10% Sn měl pevnost 32·4 *kg* při 40% prodloužení (vztaženém na délku 50·8 *mm*), kdežto hliníkový bronz se 7·5% Al, získaný zcela shodnými výrobními pochody, snesl 33·5 *kg* při 71% prodloužení; toto veliké prodloužení svědčí o značně větší tvárnosti bronzu hliníkového.

Normalisační výbor německého průmyslu navrhl rozděliti veškeré slitiny, patřící do stati I. (Bronzy), na tři skupiny a pojmenovati je, jak uvedeno na číselné tabulce 18. Budiž k ní připojeno, že cínovým nebo fosforovým bronzem (Zinnbronze oder Phosphorbronze) se rozumí slitina čisté Cu a Sn, které smí býti přidán jenom P, fosforová měď nebo fosforový cín k odkysličení, červenou litinou (Rotguss) slitina Cu, Zn, Sn, po případě i Pb a zvláštním bronzem (Sonderbronze, Spezialbronze) slitina, obsahující nejméně 73% Cu a nejvýše 3 další kovy.

II. Slitiny mědi a zinku.
(Tombak, mosaz a mosazi zvláštní.)

Zinek možno slíti s mědí ve všech váhových poměrech; vznikají slitiny se šesti druhy směsových krystalů. Zinek zvětšuje slévatelnost, pevnost, tvrdost, ovšem i křehkost mědi, ale vesměs méně než totéž množství cínu nebo hliníku. K získání stejně tvrdé a křehké slitiny může tedy býti mědi přidáno mnohem více lacinějšího zinku než cínu, čímž se slitina

*) Slitinu stejného jména, ale jiného složení viz na str. 227.
**) Viz též str. 233. a další.

značně zlevní. Přestává-li tvárnost cínových bronzů za studena při 10% cínu, možno mosaz s 55% zinku ještě zpracovati; překročil-li obsah zinku tuto mez, není zpracování na základě tvárnosti již možné. Naproti tomu nejsou slitiny mědi a zinku tvárnými za tepla, leč toliko zcela určitého složení a v malém tepelném rozsahu. Proto se kovají, válejí v plech a táhnou v drát převážně za studena, což je zajisté další jejich předností. Tvářením takovým stoupá ovšem jejich tvrdost i křehkost. Mají-li změknouti, nutno je žíhati v teplotě 650—700°, jež musí býti přesně dodržována. Nižší není nic platna a při vyšší vypařoval by se zinek z povrchu materiálu. Mají-li býti odstraněna pouze vnitřní pětí, stačí mírnější ohřev, asi na 230°.

Třeba-li zvětšiti tvrdost a pevnost těchto slitin přes mez, jíž lze dosíci zinkem, a v tom případě, když jsou určeny k slévání, přidává se jim cín a olovo, kteréž přísady nejsou možny, má-li býti zachována tvárnost. Poněvadž slitiny mědi a zinku jsou lacinější než bronzy a snáze zpracovatelny, upotřebují se v technické praksi všeobecněji a častěji než čistá měď nebo bronzy. Rozlišují se podle barvy a tedy podle obsahu zinku, jakož i dle toho, jak se chovají za tepla, v tyto druhy:

a. **Tombak (červená mosaz, červená slitina).** Tombakem rozumějí se podle dřívějšího rozdělení slitiny barvy červené, hněděčervené a zlatočervené, s obsahem zinku do 18%, bez Sn a Pb.*) Ze slitin barvy zlatočervené, majících 10—18% Zn, velmi tvárných, hotoví se výrobky podobné zlatým, čili z falešného zlata, na př. laciné skvosty, řetízky k hodinkám, knoflíčky, kování, lžíce a pod. Jejich barva není stálá a má-li býti udržena, nutno je často leštiti. Tombak se vyválí v plech nebo vytáhne v drát a z tohoto materiálu zboží hotoví; některé se galvanicky pozlacuje, takže se pak svým zevnějškem od zlatého vůbec neliší. Ze slitiny 92% Cu a 8% Zn razí se nyní naše 5 a 10 haléře.

Hotoví-li se výrobky z tombaku litím, aniž by následovalo další zpracování na základě tvárnosti, přidává se mu Sn a Pb, a říká se, že předměty jsou ulity z červené mosazi nebo z červené litiny**) (Rotguss). Práci tu provádí kovolitec (Rotgiesser, Gelbgiesser). Tím vzniká množství slitin, podobných bronzům sochovým a strojovým. Ty z nich, které obsahují více zinku než cínu, nemají býti jmenovány bronzem, neboť jsou ve skutečnosti tombakem; z toho také plyne, že není přesných hranic mezi uvedenými druhy bronzů a červenou litinou. Slitiny, z nichž se lijí ložiskové pánve, ventily, kohouty, části armatur a pod., mívají 78—97% Cu, 2—18% (nejčastěji 5—18%) Zn, 1—5% Sn a 0—5% Pb.

V novější době se vyskytnuvší zboží z mannheimského zlata neboli similoru, ze zlatého bronzu čili chrysokalku,

*) Podle návrhu normalisačního výboru německého průmyslu na číselné tab. 19. mají se zváti tombakem slitiny, obsahující zinku až do 28%.

**) Podle návrhu na číselné tab. 19. vyhrazeno pojmenování toto bronzům.

chrysorinu, oreïdu, princova kovu, pinchbeaku, cuivrepoli je v podstatě jen z tombaku nebo mosazi. Nová jména se mu dávala z důvodů reklamních a pak, aby vzbuzeno bylo zdání, že jest zhotoveno z nových, dosud neznámých, slitin; neurčitost a zmatek zvětšují ještě stejná pojmenování slitin různého složení.

b. **Vlastní mosaz a žlutá litina.** Mosazí zovou se slitiny výrazně žluté barvy, která počíná při obsahu 19% a končí při 60% Zn; slitiny s ještě větším množstvím tohoto kovu mají barvu stříbrově bílou a konečně zinkově šedou. Mosaz je nejstarší a nejznámější ze slitin Cu a Zn. Čím má býti tvárnější, tím menší musí býti její obsah zinku a čistší součásti, neboť přimíšeniny, Pb, Sn, Fe, Bi, Te, Se, tvárnost snižují, kdežto mírné množství As působí prospěšně. Velmi měkký a tažný mosazný plech, který má snésti vytepání v nejmenší tloušťky, mívá 19—21% Zn bez jakékoli další součásti; o málo tvrdší a něco méně tažný 22—30%; ze slitiny s 28% Zn táhnou se za studena patronová pouzdra. Plechy na laciné, snadno hotovitelné zboží mívají 30—40% Zn. Mosazi obsahující zinku do 35% (složené pouze z krystalů α) jsou tvárné toliko za studena. Za studena i tepla lze zpracovati na základě tvárnosti slitiny s 35—42% Zn a v červeném žáru dobře mosazi s 42—48% Zn (složené z krystalů α a β). Vlastnost tuto poznal nejdříve Muntz; jeho kov — nasycený tuhý roztok — složen jest normálně ze 60% Cu a 40% Zn. Uvedené meze tvárnosti platí jenom pro čisté součásti slitin, jelikož nečistoty technických kovů je pošinují; malý obsah Fe a Mn zpracovatelnost v červeném žáru zvětšuje a naopak již 0·5% Pb válitelnost neobyčejně zmenšuje.

Mosaz určená k lití zove se žlutým kovem neboli žlutou litinou (Gelbguss). Jest obvykle zinkem bohatší než mosaz na dobré plechy, jehož mívá 33—45%. Jelikož však s přibývajícím obsahem zinku roste smrštivost slitiny, a tím i sklon k děrovitosti odlitků, nutno v případech, kdy musí býti plné, bezvadné, sáhnouti k slitině zinkem chudší. Chce-li se tvrdost odlitků zvětšiti, přidá se Sn a Pb, čímž vznikají zase přechodní slitiny k sochovým a strojovým bronzům.

Mosazná slitina připravuje se v kelímkových pecích, topených koksem nebo olejem,*) řidčeji v kelímkových pecích s topením generátorovým. Taviti v plamenných pecích s velikou povrchovou plochou lázně není možno, poněvadž by se mnoho zinku okysličilo a odpařilo. V kelímku se taví obyčejně nejdříve Cu a stará mosaz, má-li býti znovu roztavena, a teprve lázni přidá dobře ohřátý Zn; řidčeji naplní se předhřátý kelímek vrstvami mědi a zinku, přidá stará mosaz, a taví pod vrstvou uhelného prachu. I v tomto případě nutno počítati se ztrátou 2—3%, výjimečně až 5% Zn, má-li slitina míti žádoucí složení. Mosazné piliny zbavují se železných magnetickou separací.

---

*) Příklady viz na obrazech II. až V., tab. 11. a na obrazech I. a II., tab. 12. třetí a čtvrté části Mechanické technologie.

Měď, bronz, mosaz, nové stříbro, zlato, stříbro i jiné kovy spájejí se tvrdou mosaznou pájkou (Hartlot, Schlaglot), připravenou buď jenom ze slitiny Cu a Zn, nebo i z přísad jiných kovů. Poměr zinku k mědi jest v ní různý. Teplota tavení pájky musí totiž býti vždy nižší než kovu, který má býti spájen, čehož se dosahuje větším nebo menším přídavkem zinku. Proto připravuje se pájka často tak, že odpadkům mosazi, která má býti spájena, se přidá zinku, čímž jest její nižší teplota tavení zabezpečena. Československé státní dráhy předpisují pro tvrdou pájku 60% Cu a 40% Zn, tedy kov Muntzův, pro snáze tavitelnou 50% Cu a 50% Zn. Má-li býti spojení zvláště houževnaté a tažné, přidává se pájce stříbra. Stříbrná pájka na předměty těžce tavitelné obsahuje 53% Cu, 43% Zn a 4% Ag, na lehce tavitelné, náhradou za pájku cínovou 38% Cu, 50% Zn a 12% Ag, a pájka středního složení k mnohým účelům 42% Cu, 52% Zn a 6% Ag.

c. **Mosazi zvláštní** (Sondermessinge, Spezialmessinge). V předcházejícím bylo uvedeno, že mosazi s 35—48% Zn lze zpracovati i za tepla a že malá přísada železa, zvětšující také pevnost mosazi za studena, meze tyto značně rozšiřuje. V Americe a Anglii zovou mosaz s přísadou železa železným bronzem. Ke kujným mosazím patří především kov Aichův (Aichmetall), složení na př. 60·2% Cu, 38·1% Zn a 1·6% Fe (obsah železa může se měniti od 0·5 do 3% a množství zinku stoupnouti až na 42%) a jemu podobný kov sterro (Sterrometall), na př. složení 55·3% Cu, 41·8% Zn a 2·7% Fe, který má pevnost 42·5 kg na 1 *mm*² je-li litý, 53·5 *kg* kovaný a 59·5 *kg* tažený. Oba tyto kovy jsou v červeném žáru dobře kujné, ale lámavé v teplotách vyšších; upotřebují se hojně v lodním stavitelství.

Větší důležitost v technické praksi než tyto jednoduché kujné mosazi mají mosazi složitější, obsahující kromě železa i další přísady. Z těch budiž uveden kov delta (Deltametall), jehož vynálezcem jest Alex. Dick v Düsseldorfě, též původce výroby předmětů, získávaných přestřiháním profilovaných tyčí z tvárných kovů a slitin, které byly vytlačeny v třešňově červeném žáru z válce, otvorem náležitého průřezu, hydraulickým tlakem 2000—5000 *kg* na 1 *cm*². Kov, skládající se na př. z 55·80% Cu, 40·07% Zn, 1·28% Fe, 0·96% Mn, 1·82% Pb a 0·01% P, se vyrábí ve 4 číslech. Číslo 1., velmi pevné a tvrdé (na lisovací válce, ventilová sedla i talíře, hnací ozubená kola a pod.), má lité pevnost 60·2 *kg* na 1 *mm*² při prodloužení 12·2%, lisované pevnost 68·8 *kg* a prodloužení 21·8%; číslo 4., velmi tvárné (pro všeobecné strojnictví, stavbu lodí a hornictví), má lité pevnost 38·1 *kg* při prodloužení 36·4%, lisované pevnost 45·0 *kg* a 31·4% prodloužení.

Kov delta se smršťuje o 1%, má měrnou váhu 8·0—8·6 a taví se v teplotách 900—1000°. Mn podporuje v něm stejnorodé slití železa s ostatními součástmi, odkysličuje a zvětšuje pevnost, zejména kovaných slitin. Dále se vyznačuje tou neobyčejně důležitou vlastností, že kováním nestoupá toliko jeho pevnost, nýbrž i prodloužení. Tyč síly 60 *mm*, zten-

čená na 36 *mm*, měla pevnost 40 *kg* a 17% prodloužení, ztenčená na 30 *mm* pevnost 40 *kg* a prodloužení 22%, seslabená na 17 *mm* pevnost 46 *kg* a prodloužení 32%. Nedoporučuje se, aby vykovaný předmět byl ještě dodatečně žíhán.

Kovu delta jest velmi blízký k o v d u r a n a , pojmenovaný podle firmy, která jej vyrábí (Dürener Metallwerke, Düren); vynalezl jej zakladatel firmy A d . H u p e r t z . Má složení na př.: 58·65% Cu, 39·61% Zn, 0·34% Fe, 0·42% Pb a 0·97% Sn. Dává husté bezpórovité, velmi pevné odlitky, jest ve velikém tepelném rozsahu kujný i v zápustkách, válitelný v plech, tyče, drát a lisovatelný. Litý má podle složení pevnost v mezích 37—70 *kg* na 1 mm^2. Kov tento, jakož i kov delta a jiné, jim podobné (roma, froges, stone, bull atd.), vyznačují se stálostí v mořské vodě a vlivech chemických; proto se upotřebují na místě dražšího bronzu v lodním stavitelství (lodní šrouby, vrhací trouby torpéd, plechy na lodní kryty a pod.), ve stavbě strojů (na př. nože do kalandrů v papírnictví), motorů, automobilů na velmi namáhané a vysokým teplotám vystavené strojní součásti.

P a r s o n s ů v m a n g a n o v ý b r o n z (Parsons Manganbronze) je také mosazí s přísadou Fe, Mn, Sn a Al, obsahující podle předpisů americké společnosti pro zkoušení materiálu, je-li určen k lití, 55—60% Cu, 39—45% Zn, až 2% Fe, až 2% Sn, až 0·5% Mn a až 0·5% Al; má-li býti zpracován válením, nemá míti Al. Jest v červeném žáru dobře kujný, válitelný i tažný. Předčasným ochlazením ztvrdne však jeho povrch jako sklo; povrchovou vrstvu ingotů nutno před kováním odsoustružiti. Z této slitiny, v mořské vodě neobyčejně stálé, hotoví se rámy lodních strojů, lodní šrouby, a doporučuje se na oběžná kola vodních turbin i odstředivých čerpadel, nese-li voda písek neb je znečištěna kyselinami.

R ü b e l o v y bronzy (Rübelbronzen), pojmenované po vynálezci, jsou mosazi, obsahující kromě Mn nejčastěji ještě Fe, Al a Ni. Aby se tyto součásti do mosazi snadněji vpravily, připraví se podle hlavního patentu nejdříve pomocná slitina, složená z jednotlivých součástí v poměru atomových vah (2 d. Cu, 2 d. Fe, 1 d. Ni a 1 d. Al), a 6 dílů (váhových) této slitiny slije s 54 d. Cu a 40 d. Zn; později byl zvýšen obsah niklu pomocné slitiny na 3 d. a složení bronzu ještě více pozměněno. Rübelovy bronzy*) vynikají zvláště stálostí ve vysokých teplotách. Měl-li na př. jeden z nich při 190° pevnost 38·5 *kg* na 1 mm^2 a prodloužení 44·5%, měl při 290° pevnost 34·2 *kg* a 43·5% prodloužení, při 380° pevnost 30·2 *kg* a 31·5% prodloužení a při 485° pevnost 20·4 *kg* a 11·9% prodloužení. Jelikož vzdorují dobře také chemickým vlivům, upotřebují se s výhodou jak ve stavbě strojů tak lodí, zejména na duté předměty, které mají býti pevné v horku.

N o r m a l i s a č n í v ý b o r německého průmyslu navrhuje rozděliti a pojmenovati veškeré slitiny, náležející do stati II., jichž jest kromě uvedených ještě mnoho, jak zaneseno v číselné tabulce 19.

---

*) Vyrábí je také Akc. společnost dř. Škodovy závody.

Číslo	Označení			Složení v %					
	všeobecné	zvláštní	zkrácené	Cu	Pb	Fe	Mn	Al	Zn
1	Mosaz (bez úmyslných přísad)	mosaz tvrdá (šroubová)	Ms. 58	58	2	—	—	—	zbytek
2		mosaz ke kování (Muntzův kov)	Ms. 60	60	—	—	—	—	zbytek
3		mosaz k tlačení	Ms. 63	63	—	—	—	—	zbytek
4		polotombak (mosaz ke spájení)	Ms. 67	67	—	—	—	—	zbytek
5		mosaz k lití	Ms. 67 litá	67	—	—	—	—	zbytek
6		žlutý tombak (lopatková mosaz)	Ms. 72	72	—	—	—	—	zbytek
7		světle červený tombak	Ms. 80	80	—	—	—	—	zbytek
8		zlatý tombak	Ms. 85	85	—	—	—	—	zbytek
9		červený tombak	Ms. 90	90	—	—	—	—	zbytek
10	Mosaz zvláštní (s přísadami úmyslně přidanými)	mosaz zvláštní k lití	Ms. zvl. litá	55—59	dohromady asi 3—5				zbytek
11		mosaz zvláštní k válení	Ms. zvl. vál.	55—59	dohromady asi 3—5				zbytek



tabulka 19.

Upotřebení	
všeobecné	zvláštní
k lisování a kování za tepla, vhodná k opracování řezacími nástroji;	na tyče pro šrouby, části pro elektrotechniku, výplňové části pro parní turbiny, nástroje, kukátka do přístrojů, stavební části, za tepla lisované součásti armatur, kování, náhrada za litinu k nejrozmanitějším předmětům, plechy na hodiny, harmoniky, kapesní nože, součásti zámků;
jako č. 1 a na předměty nevyžadující značnějších ohybů a průhybů;	na tyče, dráty, plechy, trubky k nejrozmanitějším účelům, zejména v lodním stavitelství na trubky kondensátorové, na kování, trubky pro zahřívače, chladiče;
na tažené,[1] tlačené i lisované výrobky a předměty, jichž netřeba spájeti příliš tvrdě;	na tyče, plechy, pásy, dráty, v lodním stavitelství, na trubky;
k zpracování za studena tažením, tlačením, k tvrdému spájení;	na tyče, spájené trubky, plechy (zejména na hudební nástroje), dráty, šroubky do dřeva, vzpružiny atd.;
vhodná ke zpracování řezacími nástroji;	na tělesa a jiné lité předměty se silnějšími stěnami, armatury;
vhodný ke zpracování za studena při největších požadavcích na tvárnost a svárnost;	na tyče profilu turbinových lopatek, dráty, patrony;
k zpracování za studena, pro umělecký průmysl;	na plechy a kovové zboží;
na odlitky, jež mají býti velmi pevné;	na lodní šrouby, malá ložiska, duté matky, kroužky, části kování, okna;
ke zpracování za tepla a kování.	na tyče pístové, šroubová spojení, vřetena ventilová, tvarové tyče, plechy, konstrukční části kované v zápustkách, mají-li býti velmi pevné.

III. **Slitiny mědi, zinku a niklu** neboli mosazi a niklu.

Zovou se všeobecně novým stříbrem (Neusilber), též argentánem a pakfonkem. Již v 18. století přiváženo bylo z Číny do Evropy zboží z pakfonku. Když byla poznána jeho podstata a zavedena průmyslová výroba niklu, počal se i vyráběti. Dávána mu však nová jména; berlínská továrna pojmenovala jej novým stříbrem, saská argentánem, ve Vídni se ujalo pojmenování alpaka, ve Francii maillechort, v Anglii german-silver. Další synonyma jsou umělecké stříbro, tutenag, cuivre blanc, white copper, silverine, sterline a j. Pro galvanicky postříbřené zboží z nového stříbra utvořena zase nová jména, na př. alfénide, čínské stříbro, christofle, argyroide, argyrophan, similargent.

Nové stříbro má nejčastěji 50—60% Cu, 15—40% Zn a 12—26% Ni. S rostoucím obsahem poslední součásti stoupá stálost slitiny v chemikáliích, podobnost stříbru, cena i obtížnější zpracovatelnost, poněvadž se stává bublinatější. Prvá součást zvětšuje tvárnost; proto se jí volí více, má-li býti slitina zpracována válením, lisováním a pod. Třetí součást, Zn, snižuje cenu, teplotu tavení, vývoj plynů a zvětšuje tekutost; proto mívají slitiny k lití větší obsah Zn, jsou však křehčí a vzdorují méně korosi. Uvedené meze bývají často překročovány v obou směrech. Chilské drobné mince mají 70% Cu, 10% Zn a 20% Ni. Podle zkoušek Tafelových je vyleštěná slitina 73—80% Cu, 7% Zn a 15·3—20% Ni nerozeznatelně podobna stříbru a slitina 7—20% Cu, 40—52% Zn, 33—40% Ni nápadně tvrdá a houževnatá. Slitina nového stříbra odkysličuje se fosforovou mědí, nejnověji kovovým, bezuhlíkovým manganem, jehož přísadou 0·25—0·5% se stane světlejší, stříbru podobnější i zvučnější, též hořčíkem, postačitelným v množství 0·1%, a hliníkem.

Některé druhy nového stříbra obsahují kromě hlavních součástí ještě menší množství Fe, Pb, Sn, Mn, Al, Co, Cr, Mg. Mezi ně patří slitina, pojmenovaná nikelinem, stejně jako slitina, uvedená na str. 226.; hotoví se z ní také odporové dráty, avšak má složení: 55·31% Cu, 13·01% Zn, 31·07% Ni, 0·43% Fe a 0·18% Pb. V Anglii užívají k témuž účelu platinoidu s 54·04% Cu, 20·42% Zn, 24·77% Ni, 0·47% Fe, 0·15% Pb a 0·15% Mn. Na součásti psacích strojů, které mají býti tvrdé a stálé, doporučuje se slitina 57% Cu, 20% Zn, 20% Ni a 3% Al.

Nové stříbro jest poněkud tvrdší i méně tvárné než dobrá mosaz a proto pevnější; dráty tažené za studena snesou průměrně 75 *kg* na 1 *mm*², vyžíhané 52 *kg*. Smršťuje se o 2%, elektřinu vodí špatně, jak plyne z toho, že se hodí na odporové dráty, zpracuje se za studena jako mosaz, vyžaduje však častějšího žíhání. Některé druhy snesou také zpracování v tmavočerveném žáru, ale žádné v teplotách vyšších, kdy jsou zcela křehké.

Z plechu, vyváleného z ulitých a vyžíhaných desek, nebo nařezaných z ingotu, hotoví se nejrozmanitější zboží ražením, lisováním, tepáním a pod. pracemi. Má-li býti zpracováno litím, což se děje mnohem řidčeji, zvětšuje se jeho slévatelnost přísadou Sn, Pb i Cd, a slitiny dostávají zase nová jména. Nechybělo ani snah nahraditi v něm drahý Ni buď zcela nebo alespoň částečně, bez znatelné změny barvy, na př. manganem; tak vzniklo manganové nové stříbro (Manganneusilber).

Z nového stříbra hotoví se hlavně stolní náčiní místo stříbrného pro restaurace, hotely a domácnosti. Mnoho argentánového zboží dostává se do obchodu postříbřeno, takže se pak od stříbrného zevnějškem vůbec neliší; postříbření drží nejlépe na slitině s 12% Al. Ke spájení upotřebuje se nového stříbra, jehož teplota tavení byla značně snížena přísadou Zn, odpadků mosazných, nebo i Ag. Samo jest dobrou pájkou na železo a ocel, od kterýchž kovů neliší se barvou tolik jako pájka mosazná.

IV. Slitiny cínu s antimonem a mědí.
(Bílý a britanský kov.)

Jak již uvedeno, spojuje se cín s jinými kovy proto, aby snížena byla cena výrobku a zvětšena jeho tvrdost i pevnost. Nejčastější přísadou jest Pb, mnohem lacinější, které se s ním dobře spojuje ve všech váhových poměrech a zvětšuje, ač je měkčí, přece poněkud jeho tvrdost. Proto kovolitec nelije skoro nikdy z čistého cínu, nýbrž ze slitiny, obsahující různě olova. Cínové hračky mívají až 50%, fahlunské diamanty, oblíbené divadelní šperky, 39—40%, a varhanové píšťaly 30% této přísady. V předmětech, dostávajících se ve styk s jídly a nápoji, nebo v pájce z cínu a olova, kterou by předměty ty byly spojovány, nemá býti olova více než 10%, jak bylo také již uvedeno.

Olovo tvrdí cín jen mírně; účinněji působí Sb a malé množství Cu, která zvětšuje zároveň pevnost, aniž by zvýšila křehkost tak, jako značné množství Sb. Cín dává s těmito kovy skupinu slitin bílého kovu (Weissmetall), nebo, hotoví-li se z nich zboží litím, bílé litiny (Weissguss, Weissgussmetall) čili komposice, též Babbitova kovu. Základním kovem jest Sn, po něm následuje Sb, skoro vždy menší množství Cu, někdy i malé množství Pb a jiných přísad.

Bílého kovu upotřebuje se ve strojnictví zejména k vylévání ložiskových pánví. Pro mírnější specifické tlaky jest oblíbenější i vhodnější než bronz, poněvadž pánve možno snáze zhotoviti a nejsou tak choulostivé, nezapálí se tak snadno a zejména nepřivaří, jako pánve bronzové, neboť bílý kov ve vyšších teplotách se roztaví a z pánví vyteče. Pánve z komposice lze obdržeti přímým oblitím čepu, kdežto pánve bronzové nutno líti do zvláštních forem a potom opracovati. Podle uveřejně-

ných analys*) obsahují cínové komposice 71—91% Sn, 6—26% Sb, 2—12% Cu a některé i malé přísady Pb, Bi a Zn. Původní složení Babbitova kovu, zavedeného ve Spoj. Státech r. 1839, bylo: 88·9% Sn, 7·4% Sb a 3·7% Cu. Komposice tureckých drah se skládají z 91% Sn, 6% Sb, 3% Cu, bavorských a ruských 90% Sn, 8% Sb, 2% Cu, pruských 83·3% Sn, 11·1% Sb, 5·6% Cu, a jedné z francouzských drah 71% Sn, 24% Sb, 5% Cu. K přípravě na př. předposlední slitiny roztaví se 2 d. (váhové) Cu, lázni přidají 4 d. Sb, potom 12 d. Sn a po náležitém promíchání ulijí desky as 15 *mm* silné. Když se 20 d. těchto desek roztaví při nejmenším přehřátí s 20 d. Sn, dostane se slitina udaného složení. Možno též slíti stejná množství Cu a Sn, ulíti ze slitiny po dokonalém promíchání v železných formách malé housky, po schladnutí je rozbíti, taviti s náležitým množstvím Sb, a ke konci přidati lázni ještě zbytek cínu.

Z komposice vlité do ložiskové pánve vylučují se primérně jehličkovité krystaly sloučeniny mědi a cínu, pravděpodobně složení Cu_2Sn, které jsou nejtvrdší součástí slitiny, snadno se drtí a ponechávají na účinné ploše pánve ostrohranné ploché prohlubeninky, které podle Behrense umožňují oleji, aby se v pánvi udržoval a stejnoměrně rozděloval. Sekundérně krystalují kostky sloučeniny SnSb, tvořící vlastní nosné plochy pánve, tvrdší než Sn, ale měkčí a méně křehké než primérně vyloučená sloučenina. Konečně krystaluje ze zbytku potrojné eutektikum, složené převážně z cínu, měkké, plastické, jež je ve slitině základní hmotou, ve které jsou nosné kostkové krystaly měkce uloženy. Je-li ve slitině Pb, vykrystaluje v eutektiku. Toliko v komposicích s malým obsahem Sn (10—15%)**) jsou krystalisační poměry jiné. Pak netvoří nosných ploch sloučenina SnSb, nýbrž antimon, ve kterém je jisté množství cínu v tuhém stavu rozpuštěno.

Poznaná různorodost komposic jest právě jejich výhodou. Čep leží na tvrdých kostkových krystalech; nepřiléhají-li všude stejně, zamáčknou se vyčnívající do základní hmoty, až čep dolehne i na ostatní, kdežto v bronzové pánvi zůstává čep ležeti pouze na vyvýšeninách, hrbolcích, takže vznikají veliké specifické tlaky, a ložisko hřeje. Při tavení nesmí býti komposice přehřáta a odlitek nutno chladiti rychle, aby krystalisace byla jemnější. Za volného chlazení rostou nejvíce kostky, bohaté antimonem, a tvrdosti slitiny ubývá.

B r i t a n s k ý m k o v e m (Britanniametall) zovou se slitiny cínu, antimonu a mědi, určené na předměty domácí potřeby, na př. kávové a čajové konvičky, cukřenky, skřínky, misky, lžíce a pod., hotovené dříve ze slitiny cínu a olova. Výrobní pochod je vždy ten, že se ze slitiny vyválí nejdříve plech a z něho hotoví předměty lisováním, tlačením a pod. pracemi. Má barvu modravě bílou, je právě tak stálý v chemikáliích jako Sn, poněkud tvrdší, ale přece dosti tvárný, aby snesl naznačené způsoby zpracování; zdraví škodí méně než slitina Sn a Pb. Jelikož se zpracuje

*) Viz poznámku na str. 245.

**) Viz slitiny olova na str. 259.

na základě tvárnosti, musí míti značně cínu a pouze málo přimíšenin; mívá proto nejčastěji 88—97% Sn, 0·5—7% Pb, 0—5% Cu. Větší obsah Sb je přípustný jedině tehdy, má-li býti kov zpracován litím. Tím se rozšiřují meze obsahu jeho součástí, nepřihlíží-li se k složením abnormálním, na hodnoty 72—97% Sn, 2—24% Sb, 0—9%Cu; některý má ještě malé přísady Bi, As, Ni, Pb, Zn, Mn. Pak se svou podstatou neliší od bílého kovu a není také mezi nimi žádných hranic. Dobrý britanský kov nemůže obsahovati Pb, jelikož by snižovalo jeho tvárnost i stálost; postříbřený zove se alboid, potažený tombakem similor.

Poněvadž cín jest drahý, bylo samozřejmě snahou, nahraditi jej olovem v případech, když nebylo obav o zdraví, na př. v ložiskových pánvích a ucpávkách. Vznikly slitiny s 34—58% Sn, 25—48% Pb, 11—17% Sb, 1—6% Cu, jež mají sklon k vyměšování a nehodí se k tváření za studena. Je-li ve slitinách olova ještě více, přestávají míti ráz slitin bílého kovu, t. j. slitin s převážným obsahem Sn a cínovou barvou, a patří do slitin olova.

Cínový šumich (Stanniol) k balení různých látek má obyčejně mírnou přísadu Pb, takže se skládá na př. z 96·21% Sn, 2·41% Pb, 0·95% Cu, 0·09% Fe a 0·30% Ni, zrcadlová folie z 97·60% Sn, 0·04% Pb, 0·08% Zn, 2·16% Cu, 0·11% Fe a nepravý stříbrný šumich z 91·06% Sn, 0·35% Pb, 8·25% Zn, 0·23% Fe a sledů mědi.

Měkké pájky (Weichlote, Weisslote, Schnellote). Jsou buď z čistého cínu nebo z jeho slitiny s Pb. Čistým cínem spájí se železo, měď, mosaz, zinek, olovo a cínové předměty. Pájky s Pb mají různá složení. Jejich eutektická teplota, neobsahují-li olova více než 93%, jest 181°; při té tuhnou tedy zbytky roztoků, když se směsové krystaly počaly vylučovati v teplotách vyšších. Eutektickou slitinou, tuhnoucí a tavící se právě při 181°, je slitina 64% Sn a 36% Pb. Přísadami Bi a Cd možno teplotu tavení těchto pájek ještě snížiti.

V. Slitiny olova.

Jiným kovům přidávají se malá množství olova velice často, aby snížením houževnatosti usnadněna byla jejich opracovatelnost; ale je málo slitin, v kterých by bylo olovo hlavní součástí, neboť přísada každého jiného kovu slitinu zdražuje a slévatelnost zmenšuje. Olovo se tvrdí buď antimonem, cínem, neb arsenem. Přísadou antimonu stává se olovem tvrdým (Hartblei), jehož eutektikum s 13% Sb tuhne při 247°. Tvrdost stoupá až do obsahu 13% rychle, načež jenom zvolna až na tvrdost antimonu. Válitelnost slitiny přestává při 25% Sb.

Tvrdého olova užívá se zejména na akumulátorové desky, dále jako liteřiny, ložiskového kovu a jenom zřídka na lité předměty. Slitina pro akumulátory, ve tvaru desek nebo pásů, mívá, je-li podvojná, 5—8% Sb, kdežto obě ostatní slitiny, jsouce tvrdší, obsahují ho obyčejně 15—25%. Velmi často nahrazuje se v tvrdém olově část antimonu cínem, aby zvý-

šena byla tvrdost a pevnost slitiny bez zvětšení křehkosti; vyměšování součástí lze zameziti nepatrnou přísadou Cu. Proto má slitina na akumulátorové desky často složení 95% Pb, 4·5% Sb a 0·5% Sn. Ze slitiny 80% Pb, 10% Sb a 10% Sn, která jest potrojným eutektikem a vyniká malou smrštivostí, hotoví se modely ke strojnímu formování.

Liteřina (Schriftmetall, Letternmetall) k lití písmen a jiných pomůcek sazeče, je buď slitina potrojná s 55—93% Pb, 3—40% Sn, 4—30% (nejčastěji 12—25%) Sb, nebo počtverná, ještě s arsenem, jehož však obsahuje od sledů nejvýše do 0·5%. Příčinou často pozorovaných, tmavošedých skvrn na typech, v kterých se kov pozvolna rozkládá a kazí, není As, jemuž se vina přičítá, nýbrž oxydace. Podporuje ji porésnost kovu, vzniklá při lití, a vlhkost; typy nemají tedy býti uschovávány ve vlhkých místech. Zinberg poznal, že liteřina je tím trvanlivější, čím méně obsahuje olova, které se vlhkostí porušuje. Uchované desky z doby kolem r. 1700 mají skutečně jenom 13·9—18·0% Pb, avšak 76·4—82·6% Sn, a 1·7—3·4% As, 0·6—1·4% Cu, 0·2—0·7% Fe.

Meze v jakých se pohybují součásti potrojného ložiskového kovu, zvaného také bílým, jsou 5—90% Pb, 2—75% Sn, 7—25% Sb a počtverného, v němž asi 1—7% Sb nahrazeno mědí, 10—81% Pb, 1—84% Sn, 1—20% Sb, 0·5—8% Cu; některé slitiny mají ještě 0·25—1% Bi. Ze složení tohoto plyne, že slitiny s větším množstvím Sn než Pb jsou totožné s cínovou komposicí a patří do slitin cínu.*)

Aby sjednal přehled, usnadnil výrobu i volbu slitiny, navrhl normalisační výbor německého průmyslu, aby cínové i olověné ložiskové kovy byly pojmenovány bílým ložiskovým kovem (Lagerweissmetall) a rozděleny, jak uvedeno v číselné tabulce 20.

Číselná tabulka 20.

Pojmenování	Složení v %				Přípustné odchylky %			
	Sn	Sb	Cu	Pb	Sn	Sb	Cu	Pb
Bílý ložiskový kov 80 F	80	10	10	—	± 1	± 1	± 1	± 1
„ „ „ 80	80	12	6	2	± 1	± 1	± 1	± 1
„ „ „ 70	70	13	5	12	± 1	± 1	± 1	± 1
„ „ „ 50	50	14	3	33	± 1	± 1	± 0·5	± 1
„ „ „ 42	42	14	3	41	± 1	± 1	± 0·5	± 1
„ „ „ 20	20	14	2	64	± 1	± 1	± 0·5	± 1
„ „ „ 10	10	15	1·5	73·5	± 0·5	± 1	± 0·5	± 1
„ „ „ 5	5	15	1·5	78·5	± 0·5	± 1	± 0·5	± 1

*) Viz str. 257.

Slitiny tyto smějí býti znečištěny železem, zinkem a hliníkem nejvýše v množství po 0·05%. Prvé slitiny má býti užito jenom tehdy, když jest podmínkou, aby neměla Pb; jindy má býti nahrazena slitinou 80. Také slitina 50 má býti nahrazována, pokud možno, slitinou 42.

Arsen, dávající s olovem také tvrdé olovo, zvětšuje nejen jeho tvrdost, nýbrž i křehkost a řídkost. Slitina padající s výše tuhne v kulatých kapkách, kdežto Pb, obsahující Sn, v kapkách podlouhlých nebo vejčitých. Proto přidává se As olovu na výrobu broků. Přidává se ho tím více, čím broky mají býti větší, totiž nejmenším do 0·2%, prostředním do 0·3% a hrubým 0·35—0·5%.

Nejnověji vyskytly se v obchodě patentované slitiny olova s vápníkem (Blei-Kalziumlegierungen), olova se sodíkem (Blei-Natriumlegierungen), obsahující 1—2% Na, a olova s bariem (Blei-Bariumlegierungen), nazvané kov lurgi nebo také lurgilo, s obsahem 2—4% Ba, vesměs k vylévání ložiskových pánví. Jak se osvědčí, jakož i jiné válečné náhražky,*) ukáže budoucnost.

VI. Slitiny zinku.

Bylo již uvedeno, že zinek nemůže býti zlevněn přísadou žádného jiného kovu kromě olova, ani učiněn tvárnější; proto upotřebuje se častěji čistý než ve slitinách. Tvrdost litých zinkových předmětů zvětšuje se přísadou 1—10% Cu; pak je lze opracovati pilníkem, který neucpávají, nemaží. Slévatelnost zinku může býti zlepšena přísadou 1—5% Sn; nyní se slévá kromě s Cu a Sn často ještě s Al. Na odlitky hodí se dobře slitina na př. 92% Zn, 3% Cu, 5% Al, na odlitky stlačované (Spritzguss) slitina 85% Zn, 10% Sn, 3% Cu a 2% Al.

V nové době usilovalo se intensivně zužitkovati zinek na kov ložiskový, a to na plné pánve, poněvadž se k vylévání nehodí, k čemuž se slévá obyčejně s Sn, malými množstvími Cu a Al a nezřídka ještě s Sb i Pb. Slitiny tyto nazývají se zase ložiskovým nebo bílým kovem. Jsou mnohem lacinější než cínová komposice a tvrdší i trvanlivější než slitiny z tvrdého olova, užívané k témuž účelu. Ve složení se značně různí, jak vysvitne i ze srovnání jenom několika příkladů: 85% Zn, 5% Cu, 10% Sb; 90% Zn, 1·5% Sn, 7% Cu, 1·5% Pb; 85·7% Zn, 0·4% Sn, 9·0% Cu, 3·4% Al, 1·4% Pb; 52% Zn, 46% Sn, 1·6% Cu, 0·4% Sb.

Ložiskové kovy. V předcházejících odstavcích bylo o mnoha slitinách řečeno, že se upotřebují jako kovy ložiskové. Buďtež v tomto přehledněji rozděleny a sestaveny. Jelikož mez specifického tlaku, od kterého koeficient tření počíná rychle stoupati, je tím níže, čím měkčí

*) Bližší o nich viz v brožuře prof. dr. inž. V. Jareše: Ueber das ternäre System Al—Cu—Zn, mit besonderer Berücksichtigung der Zinkecke, uvedené na str. 26.

je materiál pánví, byl na ně volen původně materiál tvrdý, z cínového bronzu (pouze Cu a Sn), vynikající velmi malým koeficientem tření, ale po překročení určité rychlosti snadno hřející, poněvadž se čep nestýká s pánví v celé ploše, zejména, je-li hřídel uložen ve více ložiskách. Proto se sáhlo k slitinám plastickým, které mají při značné tvrdosti přece jakousi podajnost, umožňující dokonalé dosednutí čepu na pánev. Poznalo se totiž, že pánev má býti složena z pevné, houževnaté kostry, skoro tak tvrdé jako čep, vzdorující každému možnému tlaku, vyplněné měkkou hmotou. Hodí se tedy na ložiskové kovy jenom slitiny, složené z tvrdých krystalických zrn, uložených v tvárné, podajné základní hmotě; za nejvýhodnější poměr množství obou součástí považován poměr 20% součásti tvrdé a 80% součásti měkké.

Když se neosvědčil pokus, učiniti tvrdé bronzové pánve plastickými tenkou olověnou vrstvou, bylo Pb přidáno bronzu samému, a pánve se hotovily z ložiskového bronzu, obsahujícího olovo,*) nebo, když měly býti lacinější, ovšem i špatnější jakosti, z červené mosazi s přísadou cínu.**) Z těchto slitin, skládajících se z tvrdých krystalů, uložených v měkkých krystalech směsových, a tvořících dohromady jednu skupinu, hotoví se plné pánve ložiskové.

Druhou, nejrozšířenější skupinou, jsou slitiny, zavedené do strojnictví Babbitem, tedy slitiny Sn, Sb a Cu,***) složené z tvrdých sloučenin Sb Sn a Cu_2Sb, uložených v eutektiku, bohatém cínem. Vyznačují se pevností v tlaku, jsou však drahé; proto nahrazuje se také část cínu olovem.†)

Skupina tato přechází v třetí skupinu slitin, vzniklých z tvrdého olova, jehož část antimonu nahrazena cínem,††) takže ji tvoří slitiny Pb, Sn a Sb, nebo, nahrazena-li část Sb ještě mědí, slitiny Pb, Sn, Sb a Cu. Slitinami obou těchto skupin se pánve vylévají.

Základním kovem čtvrté skupiny, nejlacinější, tvrdé a málo plastické, jest zinek.†††) U nás se vyskytují slitiny této skupiny jenom výjimečně, hojně však v Anglii a částečně i v Americe, kdež se upotřebují k podružnějším účelům; hotoví se z nich pánve plné.

Jakost slitiny nezávisí tak na přesném dodržení jejího složení, jako spíše na tom, jak rozděleny jsou tvrdé krystaly v základní plastické hmotě, tedy na přípravě slitiny, jejím tavení a lití.

Americká společnost pro zkoušení materiálu (American Society for Testing Materials), chtějíc odstraniti zmatek, vzniklý v posledních as 15 letech, jak v obchodě s ložiskovými kovy, tak i v jejich upotřebení,

*) Viz str. 246.
**) Viz str. 250.
***) Viz str. 257.
†) Viz str. 259 a čísel. tab. 20.
††) Viz str. 260.
†††) Viz str. 261.

navrhla, aby se hotovilo a užívalo ze slitin skupiny druhé a třetí pouze 5 druhů, vyhovujících potřebám prakse v technickém i hospodářském ohledu, a to: č. 1. z 83·33% Sn, 8·33% Sb, 8·33% Cu; č. 2. z 89% Sn, 7% Sb, 4% Cu; č. 3. z 50% Sn, 15% Sb, 35% Pb; č. 4. z 5% Sn, 15% Sb, 80% Pb a č. 5. z 10% Sb, 90% Pb. Ze slitin těchto je č. 1. nejtvrdší, vhodné pro největší rychlosti a veliké specifické tlaky, č. 2. poněkud měkčí, k témže účelům, č. 3. ještě měkčí, pro veliké rychlosti a malé tlaky, č. 4. pro ložiska věšáková a na drobné strojní součásti a č. 5. měkké, velmi levné, hodící se pouze pro malé rychlosti a občas činná ložiska.

VII. **Slitiny hliníku.**

Hliníkové slitiny se vyvíjejí ve dvou různých směrech. Buď má býti zvětšena poměrně malá pevnost hliníku a zlepšena jeho opracovatelnost, zejména vrtáním a pilováním, avšak bez újmy jeho nejdůležitějších vlastností, totiž malé specifické váhy a značné stálosti na vzduchu i v chemikáliích, nebo má býti zvětšena pevnost a stálost jiných kovů jeho malou přísadou. Převážná většina hliníkových slitin vyniká tím, že možno jejich mechanické vlastnosti měniti v širokých mezích a je vždy účelu přizpůsobiti.

Když po náhlém poklesu ceny hliníku r. 1891 bylo počato s výrobou slitin ve větším rozsahu, neznalo se ještě, že mohou býti dodatečně zušlechtěny, mnohé nebyly správně složeny, bylo přemáhati obtíže při tavení i lití, neboť roztavený hliník se snadno okysličuje, při lití velmi smršťuje, volnějším chladnutím nabývá snadno hrubě krystalického slohu na úkor mechanických vlastností a součásti slitin mají sklon k vyměšování. Všechny tyto okolnosti byly příčinou, že zájem, zvláště o specificky lehké, hliníkem bohaté slitiny, znenáhla klesal. Teprve v poslední době dal automobilový a letecký průmysl, potřebující mnoho lehkých a přece pevných slitin, nový popud k činnosti na tomto poli. Hliníkové slitiny třeba po odlití rychle ochladiti; proto se lijí výhodně do kovových forem a nutno-li užíti pískových, mají býti z chudého, nikoli však mokrého písku. Formy se pěchují mírně, jelikož by se odlitky v pevně pěchovaných roztrhaly. Také nesmí býti slitina přehřáta, neboť přehřátý hliník má pevnost průměrně o 20% menší než hliník nepřehřátý.

Slitiny mědi s hliníkem a hliníku s mědí. Slitiny bohaté mědí podobají se svými vlastnostmi velice bronzům cínovým, které v mnohých případech také nahrazují; proto se zovou všeobecně hliníkovým bronzem, kdežto slitiny bohaté hliníkem, tvrdým hliníkem (Hartaluminium). Jsou všeobecně výborně kujné v teplotách mezi tmavočervenou a světle třešňově červenou; čím nižší je tato teplota, tím více stoupá pevnost válením a kováním, ovšem na úkor tažnosti. V červeném žáru jsou tím měkčí, čím obsahují více hliníku. Bronz s 10% Al

je v třešňově červeném žáru tak měkký, že mohou býti z něho vykovány a vylisovány nejjemnější předměty. Tuto vlastnost lze využitkovati zejména v hromadné výrobě, když se vyplatí zhotoviti zápustky na jednotlivé výkovky; pak náleží tomuto způsobu výroby rozhodně přednost před výrobou litím, neboť je laciný, snadný, výrobky jsou pevnější, pružnější i tvrdší. Také všechny předměty kruhového průřezu, hřídele, čepy, pouzdra, šrouby a pod., mají býti vypracovány z válených kulatých tyčí nebo z drátu a nikoli lity.

Hliníkový bronz se válí v červeném žáru; za studena není válitelný, nejvýše 5%ní, ale i ten musí býti často žíhán a zakalen, aby se zlepšily jeho mechanické vlastnosti. Čistý hliník je sice kujný za studena, ale v bronzech mu kujnosti ubývá se stoupajícím obsahem Al a zcela mizí při 10% Al. Pevnost bronzu se stoupajícím obsahem hliníku od 5 do 10% se zvětšuje na úkor prodloužení. Podobně působí nečistoty hliníku Fe a Si; bronz s 10% Al, obsahující dohromady 1·5% Fe a Si, není již pro křehkost prakticky upotřebitelný. Podle novějších pokusů má

kovaný	bronz	s	5%	Al	pevnost	38·0 *kg*	na	1 mm^2	a	50·0%	prodloužení	,
,,	,,	se	7%	Al	,,	42·5 *kg*	,,	1 mm^2	a	53·0%	,,	,
,,	,,	s	8%	Al	,,	47·7 *kg*	,,	1 mm^2	a	43·0%	,,	,
,,	,,	s	9%	Al	,,	53·7 *kg*	,,	1 mm^2	a	17·5%	,,	a
,,	,,	s	10%	Al	,,	57·8 *kg*	,,	1 mm^2	a	15·7%	,,	.

Slitiny do 5% Al možno spájeti cínovou pájkou, nikoli však hliníkem bohatší, které se spájejí při šetření zvláštního postupu pájkou na př. z 20 d. Zn a 15 d. Cd. Tvrdé spájení nečiní potíží; hodí se k němu pájka z 52% Cu, 46% Zn a 2% Sn nebo i jiná, nepříliš tvrdá. Poněvadž místa styku hliníku s kovem pájky, má-li k nim přístup vlhkost vzduchu, nebo mořská voda, podléhají působením lokálních galvanických účinků poměrně velmi rychlému rozkladu, nutno dbáti v podobných okolnostech i při sestavování jednotlivých součástí předmětu v celek toho, aby slitiny hliníku nedostávaly se do přímého styku s jinými kovy. Proto se isolují podložkami z gumy, tvrzené gumy, dřeva, lepenky a pod., a dělají v nich pro spojovací šrouby větší díry než jsou průměry svorníků. Hliníkových bronzů nelze upotřebiti na konstrukční součásti vystavené vyšším teplotám, jelikož jejich pevnost ohřevem velmi klesá.

Již r. 1896 pozoroval R i c h a r d s, že hliníkové bronzy s velkým obsahem Cu změknou, ohřejí-li se do světlečerveného žáru, nechají zchladnout na červený a zakalí ve vodě, a S p e r r y zjistil, že bronzy (s 90% Cu a 10% Al) válené za tepla, vyžíhané při 730° a zakalené, měly mnohem větší pevnost, než když vychladly volně, při čemž se jejich prodloužení skoro nezměnilo. Mírným ohřevem zakalených bronzů možno mechanické vlastnosti zase změniti a danému účelu přizpůsobiti.

Poněvadž hliníkové bronzy mění své vlastnosti již nepatrnou změnou složení a kromě toho mohou býti změněny v neobyčejně širokých mezích

tepelným i mechanickým působením, upotřebují se také k nejrozmanitějším účelům. Nahrazují kujné železo a ocel všude tam, kde tohoto materiálu nemůže býti užito, poněvadž rezaví, a kde jiné slitiny svými vlastnostmi nestačí, na př. k nejrozmanitějším účelům lodního stavitelství. Stavbě strojů dávají materiál na části velmi namáhané a vystavené vlivům chemickým na př. v hornictví, hutnictví, papírnictví, pivovarství, lihovarství a v jiných chemických průmyslech. K některému účelu hodí se jenom zcela určité složení, jako na př. 89·5% Cu a 10·5% Al na zapalovací jehly pušek. Z hliníkových bronzů hotoví se také umělecké odlitky a výkovky všeho druhu, předměty domácí potřeby, ornamenty, dekorace a j. Velmi doporučovaná slitina cupror má 94·2% Cu a 5·8% Al, zlatý bronz 95—97% Cu a 3—5% Al, atd.

Slitiny bohaté hliníkem jsou válitelné za tepla jenom do 12% Cu a to pouze při velmi opatrném postupu. Přísadou mědi stoupá tvrdost hliníku dosti rychle, mezi 3—7% Cu se nemění, načež se zase zvětšuje I pevnost těchto slitin možno měniti vhodným zakalením. Jsou převážně náhradou za čistý Al, kde jeho mechanické vlastnosti nestačí, zejména na konstrukční součásti v průmyslu automobilovém a létadlovém.

Kromě jednoduchých hliníkových bronzů jest mnoho bronzů zvláštních, obsahujících ještě přísadu jiného kovu, nebo i jiných kovů, na př. Fe, Mn, Ni. Slitina 89% Cu, 7·5% Al a 3·5% Fe, doporučovaná na odlitky pro automobilové součásti, má pevnost 52·2 *kg* na 1 mm^2 při prodloužení 24%. A podobně jest kromě jednoduchých slitin, bohatých hliníkem, množství slitin zvláštních, lehkých a pevných, vyvolaných potřebami letectví, na př. složení 94—95% Al, ostatek Cu a Mn; 87% Al, 8% Cu, 5% Sn; 94—98% Al, 1·5—4% Cu, 0·25—1·25% Mn, 0·25—1·25% Ag atd., různě pojmenovaných, na př. wolframinium, partinium, argilit a j.

Slitiny hliníku a hořčíku. R. 1898 zavedl Mach do technické prakse slitiny, nazvané magnalium. Podle původního patentu měly míti 10—30% Mg; teprve později byly do nich pojaty i slitiny hořčíkem chudčí, nyní všeobecně upotřebované. Na tvárné plechy k lisování, tlačení a tažení hodí se nejlépe slitiny s 3—4% Mg; slitiny se 6—7% nejsou za tepla již válitelné. Přísadou 3—10% Mg se pevnost hliníku více než zdvojnásobí, přísadou ještě větší již nestoupá. Z diagramu rovnováhy soustavy Al a Mg plyne, že litím mohou býti zpracovány slitiny obsahující nejvýše 35% Mg; ze slitin s 35—50% Mg, velice tvrdých a křehkých, ale neobyčejně leštitelných, hotoví se zrcátka.

Ztvrdlé slitiny s malým obsahem Mg vyžíháním při 400° změknou. Ač magnalium jest na vzduchu skoro stálé, přece se potahuje tenkou pokožkou kysličníku a ztrácí lesk. Solné vodě, zejména mořské, nevzdoruje. Upotřebuje se k stejným účelům jako hliník, může-li býti jeho pevnost využitkována. Westinghouse-Company v Americe upotřebuje magnalia ve velkém rozsahu na automobily a elektrické přístroje. V obchodě se nabízejí

nejčastěji tyto tři jeho druhy: 95·48% Al, 1·60% Mg, 1·76% Cu, 1·16% Ni, kujné při 330°; 94·36% Al, 1·58% Mg, 0·21% Cu, 3·15% Sn, 0·7% Pb, válitelné a tažné v teplotách 300—350°, a 93·0% Al, 1·6% Mg, 1·7% Cu, 3% Sn, 0·7% Pb, k lití.

Přidá-li se magnaliu zinek, aby se dostaly plné odlitky, vzniknou slitiny, zvané zimalium; mívají na 100 d. Al 1—10 d. Mg a 1—20 d. Zn.

Veliký význam pro užití hliníku ve stavbě létadel měl objev inženýra Wilma, že se hliník malou přísadou Mg stane kalitelným. Pochod ten byl nazván zušlechťováním (Veredeln) a zušlechtěný hliník duraluminem (Duralumin).*) Ten obsahuje kromě hliníku 0·5% Mg a podle účelu slitiny ještě 3·5—5·5% Cu a 0·5—0·8% Mn. Má měrnou váhu 2·75—2·85 a teplotu tavení kolem 650°. Kromě tohoto duraluminu s mědí a manganem vyrábí se také duralumin pouze z Al a Mg.

K zušlechtění třeba slitinu ohřáti, podle složení a zpracování na 420—520°, nejlépe v solné lázni. Pochod podobá se kalení oceli, ale jenom zdánlivě, neboť mezi oběma jest zásadní rozdíl. Kdežto tvrdost oceli stoupne po ochlazení v kalicí tekutině hned na nejvyšší hodnotu, tvrdost duraluminu se nezmění, avšak, leží-li slitina klidně, počne se tvrdost asi po hodině zvětšovati, roste v následující půl hodině velmi rychle, do konce šesté hodiny rychle, pomalu do konce hodiny 22. a zcela nepatrně v další době, neboť největší hodnoty dostoupí asi ve dvou dnech, podle jiných údajů, v pěti dnech. Zvláštní jest, že se s tvrdostí zvětšuje pevnost, jak obvykle, ale že tvárnosti neubývá. Někdy ztvrdne slitina po náležitém ohřevu již ochlazením na vzduchu, ale vždy mírněji než zakalením ve vodě. Duralumin s 0·57% Mg, měvší hned po zakalení tvrdost 65 (při průměru kuličky 2·5 *mm* a tlaku 62·5 *kg*), pevnost 35·8 *kg* na 1 mm^2 při 21·2% prodloužení, měl po pěti dnech tvrdost 112, pevnost 43·2 *kg* a prodloužení 21·3%; zvětšila se tedy tvrdost skoro dvojnásobně, pevnost o 20% a prodloužení nekleslo!

Má-li býti tato vlastnost duraluminu využitkována, nesmí býti namáhán za horka, nejvýše do 150°, neboť teplem mu pevnosti rychle ubývá a při 350° jest zcela vyžíhán. Okolnost, že zůstává po zakalení hodinu měkký, má pro další zpracování ten praktický význam, že předmět může býti pohodlně vyrovnán, když se kalením zbortil. Poněvadž zušlechtěný materiál, nezměniv svého prodloužení, zůstal tvárný, může býti za studena dále zpracován. Prodává se ve tvaru výkovků, desek, plechů, tvarových tyčí, trubek i drátu.

Hliník slévá se dále se zinkem na slitiny, upotřebované ve stavbě létadel a automobilů, z nichž na př. slitina ziskon má 75% Al a 25% Zn, zisium obsahuje kromě Al a Zn ještě Sn a Cu, alzine 80% Al

*) Vyrábějí jej firmy Dürener Metallwerke, A. G., Düren a Wickers Son et Maxim.

a 20% Zn, alzen 66·6% Al a 33·3% Zn. Ze slitiny z 95% Zn a 5% Al hotoví se některé části ke gramofonům. Macadamit z 72% Al, 24% Zn a 4% Cu je specificky lehkou náhradou za mosaz atd. Společnost automobilových inženýrů ve Spojených Státech předpisuje na konstrukční součásti slitinu č. 1., složenou nejméně z 80% Al, nejvýše 15% Zn, 2—3% Cu a nejvýše 0·4% Mn, a slitinu č. 2. z 65% Al, 35% Zn, hodící se na stupátka, kryty, podlahy a pod.

Z jednoduchých slitin hliníku a stříbra budiž uvedena slitina 97% Al a 3% Ag, na vzduchu velmi stálá, pružná, na výrobu vědeckých přístrojů, ramen váhových, vzpružin do jemných hodin a pod.; slitina 95% Al a 5% Ag, krásně bílá, tvrdá, dobře leštitelná, navržena v náhradu za kov na stříbrné mince; Thiersovo stříbro, rozšířené hlavně ve Francii, má 66·66% Al a 33·33% Ag. Ze slitiny 85% Al a 15% Ag hotoví se pohyblivé součásti vodoměrů, jelikož vzdoruje chemickým účinkům kyselých i zásaditých vod a málo se opotřebuje.

Slitin hliníku a cínu užívá se někdy místo slitin zinkových na ozdobné odlitky a tělesa měřicích přístrojů; jedna z nich, kov bourbonský, skládá se z 50% Al a 50% Sn.

Hliník slévá se ještě s Ni, Co, Ce, Ti, Mn, a dává mnoho nejen jednoduchých, ale i složitých slitin. — O slitinách ostatních kovů byly učiněny zmínky hned při popisu jejich vlastností.

K podrobnějšímu studiu slitin, zejména na podkladě metallografickém, odkazuji na literaturu. Kromě udané na str. 25. a 26. buďtež uvedena tato novější knižní díla:

Guillet L., Étude théorétique des alliages métalliques, Paříž, 1904.

Šetlík B., Slitiny kovů a jich výroba, Praha, 1904.

Müller L., Die Bronzewaren-Fabrikation, 3. vyd., Vídeň a Lipsko, 1907.

Gulliver G., Metallic alloys, their structure and constitution, Londýn, 1908.

Gurnik G., Das Messingwerk, Vídeň a Lipsko, 1908.

Bornemann K., Die binären Metallegierungen, Halle, 1909.

Law E., Alloys and their industrial applications, Londýn, 1909.

Heyn E. a Bauer O., Untersuchungen über Lagermetalle: Rotguss. Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt Gross-Lichterfelde, 1911.

Heyn E. a Bauer O., Untersuchungen über Lagermetalle: Weissmetall. Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt Gross-Lichterfelde, 1911.

Weidig M., Metallurgische und technologische Studien aus dem Gebiete der Legierungsindustrie ins. über das Ausglühen von Metallen und Legierungen, Berlín, 1912.

Schott E., Die Metallgiesserei, Lipsko, 1913 (s mnoha analysami slitin).

Heyn E. a Bauer O., Untersuchungen über Lagermetalle: Antimon-Blei- Zinn- Legierungen, Berlín, 1914.

Kremann R., Die elektrolytische Darstellung von Legierungen aus wässrigen Lösungen, Brunšvík, 1914.

Ledebur A. a Bauer O., Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke, 5. vyd., Berlín, 1919.

Reinglass P., Chemische Technologie der Legierungen, I. díl. Die Legierungen mit Ausnahme der Eisen-Kohlenstofflegierungen, Lipsko, 1919 (nejúplnější dílo).
Czochralski I. a Welter G., Lagermetalle und ihre technologische Bewertung, Berlín, 1920.
Schwarz M., Legierungen, 2. vyd., Štutgart, 1920 (s abecedním seznamem nejdůležitějších slitin).
Krupp A., Die Legierungen, 4. vyd., Vídeň a Lipsko, 1922.
Guillet L., Les méthodes d'étude des alliages métalliques, Paříž, 1923.
Wüst E., Die Legier- und Lötkunst, 8. vyd., Lipsko, 1923.

U. **Dřevo** (Holz, bois, wood).

Jsouc produktem organickým, není hmotou stejnorodou ani jednoduchou, nýbrž složenou. Má orgány k výživě, které způsobují jeho vzrůst do výšky i tloušťky a zůstávají delší nebo kratší dobu v činnosti. Jsou trojího druhu. Jedny, dřevní vlákna (Holzfasern), tvořící hlavní součást dřeva, zejména stromů listnatých, skládají se z dřevních buněk (Libriformfasern), 0·5—1·5 *mm* dlouhých, tenkých, vybíhajících ve špičky, se silnými stěnami, nejtlustšími ve dřevě velmi tvrdém, a s poměrně úzkou, někdy toliko vlasovou dutinou, průřezu obdélného, pěti- až šestiúhelníkového, více méně zploštělého. Naplněny jsou nejčastěji toliko vzduchem, anebo obsahují i nepatrné zbytky plasmatu. Jejich obsah může přecházeti z jedné buňky do druhé, vedle ležící, jenom zcela pozvolna plnými stěnami nebo rychleji dolíčkovitě seslabenými prostupnými místy *d* v bočních stěnách. Na obrazu Ia., tab. 32., naznačena dřevní buňka buku s tlustšími stěnami a na obr. Ib. buňka dřeva lipového se stěnami tenčími. Makroskopické vlákno dřeva skládá se z mnoha dřevních buněk, srostlých spolu na koncích i na stranách.

Druhé orgány jsou cévy neboli trachee (Tracheen), složené z krátkých válcových nebo hranolových buněk, axiálně spolu spojených, jichž čelní stěny se rozpustily. Tím vznikly souvislé duté trubičky, póry, podle druhu stromu několik *cm* až i více *m* dlouhé. Jejich stěny, mřížovitě nebo i žebrovitě sesilované, mají jen mírnou tloušťku. V čerstvém dřevě vyplňuje jejich dutinu voda, prostoupená vzdušními bublinkami, a tu i tam zbytky plasmatu. Silnostěnnější buňky mají hojně seslabených míst prostupných, uzavřených jenom teninkou blanou. Světlost cév bývá několik setin, nejvýše asi 0·5 *mm*, tedy taková, aby kapilarita nebyla porušena. Je zřejmo, že množství těchto cév, jejich světlost i délka, mají význam pro technické upotřebení dřeva a zvláště pro jeho schopnost impregnační. Orgány těmito jsou vybaveny všechny stromy listnaté. Obr. IIa., tab. 32., znázorňuje cévní buňku dřeva bukového s prolínacími místy *h*, *f*, různého druhu, uspořádanými prstencovitě, a obr. IIb. cévu dřeva lipového s výztužnými žebry, vinutými šroubovitě. Buňky jsou na vyčárkovaných koncích otevřeny.

Tomuto druhu orgánů jsou velmi podobny tak zv. t r a c h e i d y (Tracheiden), z nichž složeno hlavně dřevo s t r o m ů j e h l i č n a t ý c h, neobsahující ani pravých dřevních vláken ani pravých cév. Od tracheí neliší se podstatněji ani tvarem příčného průřezu a podélných stěn, ani obsahem. Kdežto čelní stěny buněk, tvořících trachee, se rozpustily, zůstala čela bunic tracheid uzavřena a mají k snazšímu průchodu šťáv mnoho seslabených, zvláště uzpůsobených, míst prostupných. Při tom nejsou buňky ukončeny kolmými čely k podélné ose, jako tomu bylo u tracheí před rozpuštěním, nýbrž šikmými, takže jednotlivé bunice se podobají zašpičatělým buňkám dřevním. Tracheidy nejsou nikdy tak dlouhé jako cévy, nýbrž toliko 1—1·5 *mm*. Tenkostěnné tracheidy jarního dřeva se značnou dutinou, velkými a četnými prostupnými místy, zastupují zajisté trachee stromů listnatých, kdežto silnostěnné, na koncích velmi přiostřené tracheidy podzimního dřeva, s řídkými prostupnými místy, neliší se vůbec od dřevních vláken.

Pohled na tracheidu jarního borového dřeva, a to na její plochu ležící v radiálné štěpné rovině (obr. II., tab. 33.), znázorňuje obr. IIIa., tab. 32., pohled k němu kolmý (tangenciální) obr. III b. Obraz III c. jest pohledem na tracheidu podzimního borového dřeva. Na obrazech IV. naznačeno kruhovité propustné místo *h* (Hoftüpfel) ve větším měřítku. Středem prochází původní slabá stěna buňky, sesílená kruhovitou destičkou *t*, poněkud větší v průměru než jsou otvory *p* na obou stranách zduřených okrajů. Přilehne-li *t* na jeden nebo druhý okraj, uzavře otvor *p*; pravděpodobně působí orgán tento jako zámyčka. V místech *d*, *f* a *g* jsou stěny buněk pouze seslabeny.

Třetí druh orgánů dřeva je t k a n i v o d ř e ň o v é, složené z d ř e ň o v ý c h b u n i c (Parenchymzellen). Jsou z nich radiální d ř e ň o v é p a p r s k y a mnohem řidčeji se vyskytující d ř e ň o v á v l á k n a, probíhající podél kmene, rovnoběžně s ostatními orgány. Odlišují se od dřívějších druhů hlavně svým obsahem. Kdežto buňky dřevních vláken, tracheí a tracheid, obsahujíce toliko vodu a vzduch, znamenají ve vyvinutém tvaru stav odumření, jsou bunice tkaniva dřeňového naplněny vesměs výživnými, životodárnými látkami. Jejich zevnější tvar odpovídá nejčastěji čtyřbokému dutému hranolu s čely kolmými nebo více méně šikmými a se stěnami mírné tloušťky s mnoha prostupnými místy. Měly původně tutéž délku jako ostatní buňky, ale později byly vyrostšími příčkami zkráceny na $^1/_5$ až $^1/_7$ své délky. Buňku dřeňového vlákna jasanu naznačuje obr. Va., dřeňovou bunici buku obr. Vb. a dřeňovou bunici dubu znázorňují obrazy Vc. a Vd.

V jehličnatém dřevě se vyskytují ještě dlouhé rovné pryskyřičné průchody (Harzkanäle), které se však neskládají z jednotlivých buněk, nýbrž jsou vytvořeny rozstupem tracheid.

Každý z poznaných tří druhů základních orgánů, tvořících dřevo, tedy dřevní vlákna, trachee i tracheidy a tkanivo dřeňové, které se vzá-

jemně prostupují a těsně spojují, tvoří soustavu, procházející celým stromem od kořenů až do listů.

Nejjednodušší a zároveň nejpravidelněji uspořádané soustavy má dřevo stromů jehličnatých, složené pouze z tracheid a z tkaniva dřeňového. Obrazy I., II. a III., tab. 33., znázorňují příčný, podélný radiální a tangenciální řez borovým dřevem. Příčný řez (obr. I.) vyplňují průřezy tracheid, uspořádaných v radiálních řadách. Jarní *A* mají tenké stěny, veliké dutiny a většinou na radiálních stěnách — jenom zřídka též na tangenciálních — četná kruhová prostupná místa *h* (viz též obr. II.), umožňující rychlejší výměnu jejich obsahu v tomto směru. Podzimní tracheidy *B*, se slabými zploštělými dutinami a silnými stěnami, spojují poměrně řídké vlasové čárky, které jsou průřezy přechodních míst tvaru *g*. Jarní tracheidy jednoho roku přecházejí znenáhla do podzimních téhož roku, avšak přechod podzimních jednoho roku do jarních roků následujícího v místě *l* jest ostrý; tvoříť *l* hranici kroužku nebo-li tak zv. léta. Také radiálně probíhají dřeňové paprsky *a*, mající tloušťku pouze jediné bunice; a_1 jest příčný řez dřeňovým vláknem, rovnoběžným s tracheidami, a *b* pryskyřičný průchod.

Na radiálním podélném řezu (obr. II.) jsou viditelny tracheidy jarního dřeva *A* s prostupnými místy tvaru *h*, tracheidy podzimního dřeva *B* s prostupy *g*, pryskyřičný průchod *b* a dřeňový paprsek, probíhající kolmo k tracheidám. Paprsek tento složen obyčejně z několika buněčných řad *a*, ležících nad sebou, z nichž nejvrchnější a nejspodnější, *a'*, průřezu trojúhelníkovitého, jsou vytvářeny někdy tracheidálně s kruhovými prostupnými místy *h* a vodním obsahem, kdežto prostřední *a* mají průřez čtvercový, jednoduchá prostupná místa *f* a jsou naplněny protoplasmou se živinami; náplň buněk není na obrazci značena.

Na podélném tangenciálním řezu (obr. III.) jsou zřejmy podélné průřezy trachei a kolmé průřezy dřeňových paprsků *a* s tracheidálními okraji *a'*.

Značně složitější a méně pravidelný drobnohledný vzhled má dřevo stromů listnatých, na němž jsou zjevny všechny tři druhy základních orgánů. Obrazy IV., V. a VI., tab. 33., podávají příčný, podélný radiální a podélný tangenciální řez dřevem bukovým. Na příčném řezu probíhají radiálně toliko dřeňové paprsky; radiálnost řad dřevních buněk jest porušena velikými cévami *c*, které při svém vývoji sousední bunice z pravidelných poloh vytlačily.

Hlavní součástí listnatého dřeva, zejména tvrdšího, jsou dřevní vlákna se stěnami tak silnými, že v mnohých zbývá pouze čárkovitá dutina. Vlasovitá spojení sousedních buněk (obr. IV.) jsou řezy prostupných míst tvaru *d*. Od dřevních buněk, skoro vesměs stejně velikých, odlišují se nápadnou velikostí cévy *c*, zejména v dřevě jarním. Stýkají-li se dvě cévy, má společná stěna množství prostupných míst tvaru *h*. Ostrý rozdíl *l* mezi podzimním dřevem jednoho roku a jarním druhého

tvoří zase hranici léta. Dřeňové paprsky *a* listnatých stromů mívají netoliko tloušťku jedné buňky, nýbrž i více buněk, jak patrno na levé části obrazu IV. Dřeňová vlákna a_1 probíhají buď jednotlivě nebo ve skupinách, velmi často v sousedství cév a dřeňových paprsků. Jejich tenkostěnné buňky jsou naplněny živinami tvaru drobných nebo větších zrn a kapek jako buňky dřeňových paprsků.

Na radiálním podélném řezu (obr. V.) možno spatřiti dřevní buňky, tvořící skupiny nebo svazky dlouhých vláken, probíhajících často poněkud zvlněně. Jak v tomto řezu, tak i v tangenciálním (obr. VI.), jsou viditelny axiální řezy cév *c*; tvar jejich prostupných míst mění se od místa k místu podle toho, stýkají-li se s vedlejší cévou nebo s buňkou dřevní anebo dřeňovou. Styk dvou cévních buněk se prozrazuje často sesilujícím kroužkem, zbylým po rozpuštěných čelech buněk. *a* jest dřeňový paprsek, a_1 dřeňové vlákno.

Tangenciální řez (obr. VI.) vyplňují dřevní vlákna, cévy *c*, jednořadové i víceřadové dřeňové paprsky *a* a dřeňová vlákna a_1.

Soustavou tracheí proudí voda s rozpuštěnými součástmi od kořenů do větví a listů, aniž by bylo vyloučeno její boční, ovšem značně pomalejší, prostupování seslabenými místy buněčných stěn. Soustava dřeňového tkaniva, totiž radiálních dřeňových paprsků i dřeňových vláken, probíhajících axiálně, také spolu navzájem dobře související, jest nositelkou života, a třetí soustavě, z vláken podélně uložených, připadá úloha mechanického zpevnění dřeva.

Jak se jeví základní orgány dřeva prostému oku, naznačeno na obr. VI., tab. 32. Dřevo se pozoruje na třech význačných řezech, p ř í č n é m neboli č e l n í m *A* (Querschnitt, Hirnschnitt), kolmém k podélné ose kmene, na r a d i á l n ě p o d é l n é m *B* (Radialer Längsschnitt, Spiegelschnitt), procházejícím poloměrem, a na řezu t a n g e n c i á l n í m *C*, kolmém k poloměru (viz též obr. VII.).

Na příčném řezu *A* lze viděti uprostřed d ř e ň neboli d u š i, někdy měkčí než ostatní dřevo, na př. u bezu, jindy stejně tvrdou, na př. u buku. Plochu mezi dření a korou vyplňují soustředné vrstvy, kroužky, tak zv. l é t a, více méně pravidelná, různé hustoty. Jejich šířky ubývá od středu kmene ke kůře. Jsou na dřevě jehličnatém průřezem tracheid, na dřevě stromů listnatých průřezem dřevních vláken a tracheí. Takový kroužek přibude na stromě v každém vegetačním období od jara do podzimu, tedy v našich poměrech každým rokem. Vždy na jaře živý strom počíná tvořiti z jemných buněk kambriových, ležících bezprostředně pod korou, novou vrstvu tenkostěnných buněk se značnou dutinou, k průchodu velkého množství vody, potřebného ke vzniku listí. Buněk pozvolna přibývá a taktéž tloušťky jejich stěn. Pozdější, tedy zevnější část kroužku, vznikající v druhé polovině vegetačního období, kdy bude třeba většího zpevnění zvětšeného kmene, složena jest z buněk silnostěnných, se slabou,

často jen čárkovitou dutinou. Zdá se tedy vnitřní část léta řidčí, zevnější hustší; prvá je světlejší, druhá temnější, čímž se jednotlivá léta od sebe určitě odlišují. Na tropických dřevech, rostoucích za postupného a nikoli současného opadávání listů, neliší se obě části léta značněji od sebe. Proto také jejich léta nebývají tak určitě a jasně rozeznatelna a probíhají nepravidelněji. Na radikálním štěpném řezu *B* mají léta tvar podélných pásků, na tangenciálním řezu *C* tvar známých obrazců.

Kromě let jsou na příčném řezu patrny ještě paprsky dřeně *a*, radiální čárky, světlejší nebo tmavší než ostatní dřevo. Celým poloměrem procházejí toliko paprsky prvotní; pozdější, rozdělené na řezu stejnoměrně, jdou jen od vnitřních let k obvodu. Všechny spojují vnitřek kmene s korou a ta jemnými průduchy se vzduchem. Na oloupaném kmeni a tangenciálním řezu jeví se jako čárky nebo protáhlé elipsy, na radiálním štěpném řezu *B* jako lesklé plošky, tak zv. zrcátka. Kdyby dřeňový paprsek byl přesně rovný, a štěpná plocha jím procházela, šla by prvotní zrcátka od osy až ke kůře. Jelikož tomu tak není, objevuje se ho na štěpné ploše toliko kratší nebo delší část. Konečně viděti na řezu *A* příčné řezy dřeňových vláken a_1, probíhajících podél osy kmene.

Nejmladší léta žijí obyčejně nejintensivněji. Jsou nejvíce šťavnatá, většinou světlejší než starší a zovou se blánou neboli bělinou (Splintholz, Jungholz). V témže poměru v jakém jich na obvodě přibývá, odumírají vnitřní, přestávajíce voditi mízu a živiny; za to přispívají k zvětšení pevnosti stromů i větví. Jelikož odumřelé buňky by hnily, přestává jejich činnost ucpáním látkami, vyloučenými z jiných tkaniv, působícími antisepticky; často jsou mírně zbarveny. Proto vnitřek dřeva, dřevo jádrové (Kernholz), bývá tmavší než dřevo blánové. Má-li dřevo ve všech svých částech ráz dřeva blánového, jest jeho příčný průřez v celém rozsahu stějně světlý a zove se blánovým (Splintholz), jakým jest na př. dřevo buku, břízy, osiky.

Poznané okolnosti mají dalekosáhlý vliv na impregnaci dřeva. Tekutina, jíž se má dřevo napojiti, může do něho vnikati jen touže cestou, kterou procházely výživné šťávy, tedy vrstvou blánovou; ani největším tlakem nelze ji protlačiti ucpanými orgány dřeva jádrového. Dřevo, jehož buněčné dutiny jsou těsné, na př. smrkové, jedlové, modřínové, lze tíže impregnovati než dřevo s velikými buněčnými dutinami, po případě cévami, jaké má na př. dřevo borové a bukové. Dřevo se širokou blanou, na př. bukové, pojme mnoho impregnační tekutiny, dřevo s úzkou blanou, jakou má na př. dub, modřín, pojme jí toliko v úzkém kroužku poblíže povrchu, kdežto vnitřek zůstává nenapojen.

Po chemické stránce skládá se dřevo z látek, tvořících stěny buněk, a pak z látek, které bunice vyplňují. Stěny mladých bunic jsou z uhlohydrátu, celulosy čili buničiny. Avšak brzy, jakmile počnou síliti, ubývá jim kyslíku, čímž stoupá jejich obsah uhlíku, dřevnatí a celulosa přechází v dřevovinu, lignin. Ač obě tyto látky

jsou poměrně stálé, přece mají houby, napadající dřevo, schopnost je rozpouštěti působením zvláštních fermentů. V živém stromě jsou buněčné stěny napojeny vždy vodou, tedy více nebo méně nabobtnalé. To jest již příčinou, proč dřevo po poražení vysychá a se smršťuje. Avšak mnohem větší vliv na tyto změny má voda v dutinách buněk, zvláště soustavy cévové. Kromě vody a vzduchu obsahují buňky dřeva ještě jiné látky, jako gumu, tříslovinu, barviva, tuky a pryskyřice v podobě kapek, kuliček nebo roztoků. Látky tyto, k nimž přistupují i látky minerální, vyplňují celý obsah bunic, zvláště dřeva jádrového, a vnikají z části i do jejich stěn. Dřeňové buňky obsahují hlavně protoplasmu z bílkovin spolu se škrobem a tuky. Tento jejich obsah jest pravděpodobně příčinou, proč jsou právě ony nejčastěji napadány živočišnými i rostlinnými cizopasníky, zejména houbami.

Počet technicky zvláště důležitých, u nás užívaných dřev není velký. Z jehličnatých stromů mají největší význam borovice (Kiefer, pine), smrk (Fichte, spruce), jedle (Tanne, fir) a modřín (Lärche, larch), ze stromů listnatých dub (Eiche, oak) a buk (Buche, beech). Z prvých impregnuje se nejsnáze dřevo borové, nejobtížněji modřínové; z druhých dubové obtížně, a to jen v úzkém kroužku na obvodě, kdežto dřevo bukové dobře, poněvadž přechází v jádrové teprve v pokročilém věku stromu.

I. Vlastnosti dřeva.

Slohem dřeva se rozumí jeho vzhled, podmíněný anatomickou stavbou. Čím jemnější jsou elementárné orgány dřeva, tím dokonaleji a přesněji lze je zpracovati na př. hoblováním nebo soustružením, jako dřevo olšové a březové. Dlouhovláknym zove se dřevo, které se při přetrhávání vytáhne v dlouhé chumáčky; tak se chová dřevo březové, dřevo hickory (druh sev. amer. ořechu) a j. Krátkovláknym jest dřevo bukové. Jsou-li vlákna spletena, sluje dřevo zavilým a vyznačuje se malou štípatelností.

Barva našich dřev jest obyčejně bílá, nažloutlá až žlutá. Jen málo jich má jinou barvu; k těmto patří tmavočervené švestkové dřevo. Nejbělejší je dřevo habrové a lipové. Čerstvé dřevo bývá obyčejně světlejší než suché. Cizokrajná dřeva jsou mnohem pestřeji zbarvena; mají barvu žlutou, světle hnědou, hnědočervenou, hnědofialovou, zelenou až zcela černou (černý eben). Některá dřeva černají při obrábění ocelovými nástroji. Úkaz ten způsobuje tříslovina, která, stýkajíc se se železem, dává s ním tmavou sloučeninu.

Lesk mají dřeva toliko mírný. Pochází hlavně od zrcátek. Čím je jich více, tím lesklejší je dřevo. Leskem vyniká zvláště dřevo javorové, jasanové a platanové. — Vůni dávají dřevu zejména silice.

Šťavnatostí dřeva se rozumí obsah jeho přirozených šťáv. Žijící strom má jich nejméně v pozdním podzimu, nejvíce na počátku

léta, ač šťavnatost některých druhů dostoupí největší hodnoty již v dubnu. Poražený strom obsahuje vody průměrně kolem 45% své váhy, z toho jádro as 15%, blána as 30%. Tvrdé dřevo má jí méně, měkké více; po roce mívá ještě kolem 25% vlhkosti. K úplnému vysušení dřeva, chráněného před deštěm a vlhkostí země, pouze vzduchem, je třeba doby i několika let. Vysušené má obyčejně 15%, v nejpříznivějším případě 10% vlhkosti, kteráž rozdělena na jádro i blánu přibližně stejně.*) Proto se měrná váha čerstvého dřeva liší podstatně od měrné váhy dřeva suchého.**) I rozdíly ve vahách suchých dřev jsou podstatné. Tak má nejmenší specifickou váhu 0·42 suché dřevo topolové, největší 1·30 suché dřevo guajakové.

T v r d o s t dřeva posuzuje se odporem, jaký klade vniku ostrých řezacích nástrojů při obrábění. Zhruba dělí se dřeva v měkká a tvrdá. Určitější jest rozdělení v 8 tříd tvrdosti podle Nördlingera. — O š t í p a t e l n o s t i se soudí podle velikosti odporu, jaký třeba přemáhati při dělení dřeva podél vláken buď klínem nebo jiným klínovitým nástrojem. Dobře se štípe dřevo pružné, na př. topolové, jedlové, smrkové, špatně na př. dřevo mandlovníku a zimostrázu.

S e s y c h a v o s t dřeva je vlastnost technicky velmi důležitá, většinou nepříjemných důsledků. Má příčinu ve šťavnatosti dřeva a v její změně. Ztrátou vlhkosti ubývá totiž objemu dřeva, avšak nikoli stejně ve všech směrech. Technicky důležitá a nejčastěji upotřebovaná dřeva sesychají se ve směru podélném p r ů m ě r n ě toliko o 0·17%, takže na toto zkrácení není třeba bráti ohledu, ve směru radiálním 3·70% a nejvíce ve směru tangenciálním, čili podél obvodu let, totiž o 5·88%. (Dříve bývaly hodnoty ty udávány 1%, 3—5% a 6—15%.) Nestejné ubývání objemu dřeva je příčinou jeho deformace. Rozřeže-li se na př. kláda na stejně silná prkna a tato nechají vyschnouti, deformují se, jak naznačeno na obr. VIII., tab. 32. Prostřední prkno zůstává rovné, toliko jeho tloušťky ubývá ke krajům; další se nejen seslabují, ale i prohýbají, jelikož jejich části, vzdálenější od středu, sesychají více než části jemu bližší.

Sesychá-li kláda nebo otesaný trám rychle, zvláště na zevnějšku, roztrhne se radiálně mnohdy až do středu (obr. IX. téže tab.). Kromě těchto trhlin, otevřených nejvíce na obvodu, vyskytují se na s t a r ý c h stromech trhliny jádrové (obr. X. téže tab.). Vzniknuvše vyschnutím dřeně, vycházejí ze středu a jdou směrem dřeňových paprsků až k běline. Někdy mají tvar hvězdicovitý, naznačený na obr. X. tečkovaně. Podobný průběh jako trhliny na obr. IX. mívají také trhliny mrazové, vznikající silnými mrazy a zvětšující se vysycháním. Mráz bývá také příčinou, že na některých dřevech, zvláště dubových, tvoří se i trhliny kruhové, probíhající mezi sousedními léty. Dřevo takové nehodí se na řezivo.

*) Mezinárodní zkušební svaz doporučil na kongresu v Bruselu (r. 1906) pokládati 15% vlhkost dřeva sušeného na vzduchu za normální.

**) Hodnoty viz na př. v Technickém průvodci, sešit prvý, str. 53., spisů Č. M. T. číslo 110 z r. 1921.

Má-li naopak suché dřevo příležitost přijmouti vodu nebo vodní páru, naplní se buňky i buničné stěny vlhkostí a dřevo bobtná. Za bobtnání dějí se podobné změny jako při vysychání, leč v opačném smyslu. Trhliny se zavírají a zborcená prkna zase vyrovnávají. Této vlastnosti dřeva, že vlhkost buď pouští a se sesychá, po případě bortí a trhá, nebo vlhkost zase přijímá, bobtná, říká se pracování dřeva; v mnohých případech jsou jeho důsledky velmi nepříjemné. Proto hledí se zameziti, což lze dosíci buď odstraněním příčin pracování nebo zamezením jeho účinků.

Příčinou pracování je vlhkost. Jelikož její stupeň závisí na okolí, bude dřevo tehdy nejméně pracovati, když se vysušilo na tutéž vlhkost, jakou má vzduch, v němž budou předměty z něho zhotovené. Poznatek tento je prakticky důležitý v truhlářství, modelářství, ve stavbě železničních vozů a v podobných průmyslových oborech. Proto se dřevo před zpracováním suší. Sušiti lze různými způsoby:

a) Sušení dřeva na vzduchu. Kmeny poražených stromů zbavují se kůry většinou zcela, olupují se; jen některá dřeva, jako na př. březové, se osekávají částečně, a nechají volně ležeti. Má-li býti po přivezení z lesa dále sušeno, narovná se buď v původním tvaru, častěji však osekané v trámy tak, aby vzduch měl k němu přístup se všech stran, přikryje ochrannou stříškou, neboť nemá býti vystaveno ani dešti ani přímému působení slunečních paprsků. Sušení má postupovati ponenáhlu, aby dřevo nepopraskalo. Proto omazují se také jeho čela hlinou, natírají vápnem, klihem anebo dehtem; čela vzácnějších dřev se zalepují papírem.

Tenká dřeva, prkna, latě schnou rychleji a pravidelněji než silná. Proto se dřevo suší účelně v takových tloušťkách, v jakých bude potřebováno. Habrové špalíky k výrobě palců do palečných ozubených kol, jichž ve strojírně musí býti vždy zásoba, ukládají se, polepené na čelech, na suchou půdu, kde leží několik let. Tento způsob sušení, vyžadující dlouhé doby, podmiňuje veliké zásoby dřeva, tedy i velký závodní kapitál, který výrobky zdražuje.

b) Sušení dřeva umělým teplem. Způsobem tímto odstraňuje se vlhkost mnohem rychleji. Dříví se suší ve zděných klenutých komorách, na př. 7·5 *m* dlouhých, 2·5 *m* širokých a 2·5 *m* vysokých, jichž čela lze uzavříti železnými vraty. Do komor se vsouvá narovnané na vozících, pojíždějících po kolejích. Sušárny, v nichž se udržuji teplota kolem 100°, mají buď přímé topení, jehož rošt jest upraven před komorou nebo i v ní samotné, avšak tak, aby plameny nemohly dříví zasáhnouti, nebo topení nepřímé. V prvém případě táhnou zplodiny hoření komorou, odnímají vlhkost dřevu, které hnědne a černá sazemi na něm se usazujícími. Proto se hodí tento způsob sušení toliko na dříví stavební. Při topení nepřímém je rošt mimo komoru a zplodiny hoření, proudíce kanály pod její půdou, v jejích zdech i ve stropě, se nestýkají se dřevem, nýbrž vyhřívají zdivo,

které sálavým teplem ohřívá vzduch v komoře. Páry vyvinuté v komoře jsou odváděny na nejvyšším místě. Sušení trvá,podle velikosti průřezu sušeného materiálu a teploty, 12 hodin až 3 týdny. Dřevo tímto způsobem vysušené, vyznačujíc se pevností a tvrdostí, zvoní. Bylo-li vysušeno opatrně a dobře, více nesesychá, ale může bobtnati, ač zkušenost ukazuje, že poněkud méně než dřevo mírně suché. Jelikož umělé sušení jest nákladné, suší se většinou toliko dříví rozřezané na náležitě silné části, určené k výrobě určitých předmětů, na př. nábytku, železničních vozů, parket, výrobků stavebního truhlářství a pod.

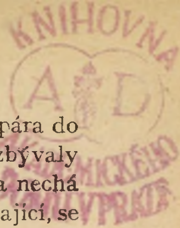
V poslední době se osvědčilo velmi dobře sušení teplým vzduchem, ohřívaným parou a proháněným sušicí komorou, která je naplněna dřívím, narovnaným na vozících.

Poněvadž, jak bylo již uvedeno, vysušené dříví může vlhkost znovu přijímati, bobtnati, se deformovati a poskytovati plísním i houbám půdy k životu, které v suchém dřevě není, má býti po zpracování chováno v suchu nebo chráněno před vlhkostí nepropustnými nátěry. Má-li býti vůbec znemožněno, aby se plíseň na dřevě ujala a rozmnožovala, nezbývá než odstraniti její živiny, totiž, zbaviti dřevo před sušením veškerých chorobonosných látek vyloužením. Loužiti možno ve vodě studené, horké a parou.

a_1) Loužení ve studené vodě. Poražený kmen nechá se ležeti několik měsíců, někdy až i dva roky v tekoucí vodě — výhodně větším čelem proti proudu — která má rozpustiti zvláště protoplasmu a bílkoviny, to jest látky, poskytující potravu ničivým plísním a houbám. Pumpaři louží dřevo na čerpadla i ve stojaté vodě. Tento způsob loužení je sice nejlacinější, ale nejméně dokonalý. Je-li dříví zdravé, dosáhne se jakýchsi výsledků, není-li, byl vzrůst ničivých organismů po dobu loužení sice zadržen, po ní však zkáza postupuje rychleji než ve dřevě nelouženém. Ani dlouhé plavení dřev po řekách nemá zvláště patrných výhod, ba tu stinnou stránku, že dřevo změní dlouhým ležením ve vodě svůj zevnějšek a nelze pak bezpečně rozeznati zdravé od chorého.

b_1) Vyluhování v horké vodě. Vřelá voda rozpouští šťávy rychle, ale vniká do dřeva poměrně pomalu, následkem čehož vyluhování takové vyžaduje mnoho času a paliva. Jest upotřebitelné toliko na malé, stejně veliké kousky dřev, na př. v truhlářství a ve stavbě vagonů.Vyvařené a potom pečlivě usušené dubové dřevo se ustálí tak, že se netrhá, nekroutí a více nesmršťuje, takže může býti užito bezpečně na př. na parkety. Též mnoho bukového dřeva se vaří pod tlakem ve vodě s přísadami sody nebo sodného louhu, aby se pak zpracovalo na nábytek. Dřevo se vyluhuje buď v kotlících, pod nimiž se topí, nebo v kádích, ve kterých voda ohřívána parou.

c_1) Vyluhování dřeva parou neboli pařením. Dřevo se paří v uzavřených nádobách, spojených s parním kotlem, majících zařízení



k odtoku kondensované vody. S počátku, po 3—6 hodin, vpouští se pára do nádoby, dřívím tak naplněné, aby mezi jeho jednotlivými částmi zbývaly malé prostory, jenom pozvolna. Pak se páry vevádí více a nádoba nechá státi pod plným tlakem tak dlouho, až zbarvená tekutina, z ní vytékající, se stane čirou, až počne vytékati čistá kondensovaná voda. Jsou-li dřeva silnější, trvá paření 60—80 hod. Účinek pochodu není pronikavý. Bylo zjištěno, že po vícehodinovém působení páry, napiaté na 1·5—2 *at*, odstraněny byly nejvýše 2% látek, odstranitelných vyluhováním ve vařicí vodě, a to ne zcela bez poruchy dřeva. Poněvadž dřevo je špatným vodičem tepla, nemůže býti parou ani sterilisováno. Pokusy prokázaly, že po čtyřhodinovém paření při napětí 1·5—2 *at*, teplota uvnitř dřeva, měřícího 200 × 250 *mm* ve straně, nedosáhla ani 60°. Páry smí býti užíváno velice opatrně, jelikož se dřevo již při napětí 1 *at* počíná zřejmě měniti. Totéž platí i o jeho vaření. Vařené pod tlakem při 125° se rozpadlo brzy po usušení v jednotlivá vlákna. — Vyloužená dřeva suší se buď na vzduchu, nebo v poznaných sušicích komorách. Sušení musí býti zase pozvolné.—

D e f o r m a c e možno zameziti také vhodnou konstrukcí. Tak čelí se borcení tím, že se předměty neprovádějí z jednoho silného kusu dřeva, nýbrž z několika slabších skližených částí, na sebe tak položených, aby své deformace navzájem rušily. Velké rovné desky stolů, kulečníků a pod., nehotoví se ze silných prken, nýbrž z vrstev prken tenkých, úzkých, skližených křížem (obr. XI., tab. 32.).

Má-li se učiniti v l i v s e s y c h á n í n e š k o d n ý m, nehotoví se široké plochy plné, celistvé, nýbrž provedou se z rámů, tuhých koster, a ty vyplní vložkami, výplněmi. Spojení opatřují čepy na výplních a drážky v rámech. Čepy mají býti tak dlouhé, aby seschnutím výplní z drážek nevylezly (obr. XII., tab. 32.). Tímto způsobem hotoví se dveře, vrata, skříně a vůbec veškerý nábytek. Rozumí se, že čím dokonaleji bylo vysušeno dřevo, z něhož nábytek proveden, tím nepatrnější jsou na něm deformace, vzniklé sesycháním. Také isolační dřevěné obaly na parní válce, odpařovací tělesa, vakua a pod. v různých průmyslových oborech, hotoví se z lišt tak vsazených, aby styková spára zůstala kryta i když se lišty seschnou (obr. XIII., tab. 32.). Budiž připojeno, že chybný obal, jehož spáry nejsou kryty, neprospívá, nýbrž naopak škodí, neboť způsobuje živou cirkulaci vzduchu a tím c h l a z e n í tělesa.

P r u ž n o s t d ř e v a. Skoro všechna dřeva mají poměrně velikou pružnost, která dodává jim společně s pevností význačných vlastností pro technickou praksi. Dřevo, jsouc namáháno nad přípustnou mez, neláme se okamžitě, jako každá křehká látka, nýbrž napřed se ohýbá, sráží, praská, čímž své přetížení prozrazuje, takže mohou býti učiněna včas zabezpečující opatření. Tato vlastnost je neocenitelna zejména v hornictví. Z některých dřev hotoví se vzpružiny, hlavně k hospodářským strojům, pak v mlynářství, k třasadlům a j.

Ohebnost dřeva. Některá z dřev snesou velmi značný ohyb, aniž by se přetrhla jejich napínaná vlákna, zvláště za tepla. Na této vlastnosti založena výroba ohýbaného nábytku z bukového dřeva. Dřevo ofrézované na náležité průměry se paří, v horkém stavu ohýbá na železné šablony mající tvar výrobku, k nim připevní, nechá na nich vystydnouti a uschnouti, aby podrželo jejich tvar. Tímto způsobem vyrábí ohýbaný nábytek, posílaný do celého světa, na př. firma Bratří Thonetové. Ohebnost dřeva nahrazuje částečně tažnost, které dřevo zcela postrádá.

Pevnost je velice různá a to nejen rozličných druhů dřev, ale i téhož druhu. Dřevo jádrové má větší pevnost než blánové, suché větší než čerstvé. Dřevo napínáno podél vláken unese značně více než ve směru k nim kolmém. Též pevnější bývá dřevo stromů vyrostlých na obvodu lesa než stromů z vnitřku. Průměrná pevnost jehličnatých dřev v tahu, namáhaných podél vláken, jest 8 *kg* na 1 mm^2, listnatých, dubu a buku, 10 kg.

Trvanlivost dřeva je taktéž různá, závisíc na vyspělosti stromu, poměrech atmosférických, nadmořské výšce, ve které rostlo, na jakosti půdy, jakož i na způsobu sušení a upotřebení. Nejrychleji podléhá zkáze dřevo, vystavené vlivům povětrnostním, tedy střídavě dešti a slunci. Mnohem déle vydrží, je-li stále v suchu, pod střechou, ač ani pak nechovají se všechny druhy dřev stejně. Je-li dřevo stále pod vodou, vzdoruje velmi dlouho, dub po staletí; také dlouho vydrží borovice, olše, jilm Do vlhkých míst hodí se dobře dřevo borové a modřínové.

Trvanlivost dřeva možno podstatně zvýšiti, vyplní-li se jeho prázdné cévy a buňky látkami, které je chrání před tlením, hnitím, před plísněmi a houbami, jakož i před červivěním. Tento způsob ochrany provádí se napájením, napouštěním, neboli impregnací. Dřevo možno impregnovati také barevně a proti ohni.

II. **Konservování dřeva.**

K zvýšení trvanlivosti dřeva volí se látky, které mikroorganismy buď usmrcují, působí antisepticky, ničí jim potravu ve dřevě, nebo znemožňují jim vstup do dřeva ucpáním pórů. Jsou to buď vodní roztoky solí, na př. kuchyňské, solí fluorových, chloridu zinečnatého, chloridu rtuťnatého a j., nebo oleje, získané suchou destilací dřeva, hnědého i kamenného uhlí, surový petrolej a jeho destiláty, upotřebené buď jednotlivě nebo ve vzájemných směsích, potom směsi látek obou uvedených skupin a konečně roztoky pryskyřičných látek ve vhodných rozpustidlech. Celkem bylo ke konservování dřeva užito nebo navrhováno přes 2000 různých prostředků. Neústrojné sloučeniny, vždy více méně hygroskopické, vyhovují nedokonaleji, poněvadž se ze dřeva vyluhují. Konservujícími látkami se dřevo buď natírá, nebo do dřeva vnikají, je-li do nich ponořeno, anebo jsou do něho násilně vtlačovány.

Impregnace má velikou důležitost zvláště v takových oborech, které potřebují mnoho dřeva, vystaveného účinkům povětrnosti nebo vody, jako na př. železniční stavitelství na pražce, telegrafie a telefonie na tyče, hornictví na důlní pažení, pak stavitelství vodní, lodní, mostní i pozemní. Nemenší význam má pro města, dláždící své ulice špalíčky, pro stavbu chladicích věží v průmyslových závodech, konečně pro majitele chmelnic, zahrad a pod. Pro udržovací výlohy je zajisté velmi důležito, vydrží-li telegrafní tyč, napojená chloridem zinečnatým, průměrně 12·2, modrou skalicí 14, sublimátem 16·5 a nasyceným dehtovým olejem 24·8 let, kdežto nenapojená borová průměrně toliko 6, dubová 8, modřínová 9 let, když tyčí těch je na celé zemi as 80 milionů. Podobně je tomu v oboru železničním, neboť na zeměkouli leží as 2·5 miliardy dřevěných pražců a potřebuje se jich ročně k náhradě zničených, včetně nutných na pravidelný přírůstek drah, kolem 200 milionů. Zase není lhostejno, vydrží-li nenapojený dubový pražec 8—13 let, kdežto napojený chloridem zinečnatým 14—20 a dehtovými oleji 15—20 let, borový nenasycený 4—7 let, kdežto nasycený modrou skalicí 10, chloridem zinečnatým 10—16, sublimátem 16 a dehtovými oleji 15—17 let, anebo konečně bukový nenapojený 3—4 léta proti napojenému modrou skalicí, jenž vydrží 10, chloridem zinečnatým 8—10 a dehtovými oleji 18—25 let, při čemž uvedená čísla nejsou krajními, nýbrž nejčastějšími mezemi.

Veškeré pochody, jimiž trvanlivost dřeva má býti zvětšena, lze rozděliti v takové, při kterých se antiseptických prostředků neupotřebuje a v takové, při nichž se jich užívá.

1. **Konservování dřeva bez antiseptických prostředků.**

Sem patří poznané způsoby loužení a sušení, jimiž se zvyšuje trvanlivost dřeva pro řemeslné a průmyslové zpracování. Pro impregnaci v oborech, o kterých byla právě učiněna zmínka, jsou způsoby tyto bez významu. Pak sem náleží barevný nátěr, kterým se dosahuje v mnohých případech skutečného konservování, zvláště, bylo-li dřevo suché a je-li udržováno v tomto stavu. V truhlářství upotřebované nátěry jsou buď z lněné fermeže a podobných látek, nebo jsou to laky, často také směsi obou těchto hlavních látek samotných, po případě ještě s plnícími hmotami. Nátěry vystavené vlivu povětrnosti dlouho nevydrží, opadají. Odkrytá místa, nasáknuvše vlhkostí, snadno hnijí; totéž se děje, bylo-li natřeno dříví vlhké. Má-li barva proniknouti dřevo zcela, musí býti do něho vtlačena větší silou.

Konečně patří sem ochrana dřeva opalováním (Ankohlen). Ony části kůlů a sloupů, jež budou do země zaraženy nebo zapuštěny a hnilobě nejrychleji podléhají, činí se stálejšími zuhelněním povrchu. Tento prostředek, známý již Římanům, jeví jakýsi účinek tehdy, jsou-li kůly slabší, když totiž sterilisační účinek tepla při opalování vnikl do

patrnější hloubky. Jsou-li kůly silné a není-li dřevo zcela zdravé, jest vliv opalování nejen problematický, ale může býti i škodlivý, poněvadž vznikají jím trhliny, které mohou mikroorganismům vstup do dřeva usnadniti.

2. Konservování s upotřebením antiseptických prostředků.

Všechny konservační pochody možno rozděliti podle tlaku, kterým jest impregnační látka do dřeva vtlačována, na tři druhy. Jedny dějí se při nízkém, druhé při středním a třetí při vysokém tlaku.

a. Napájení při nízkém tlaku.

Konservační prostředek může býti na dřevo nanášen především nátěrem. Tak natírají se silnější dřeva proti vlivům povětrnosti dehtem nebo dehtovými oleji. Oblíbenější než černý, nepříjemný nátěr dehtový je nátěr různými druhy karbolinea. Nátěry tyto mají toliko tehdy jakýsi hospodářský úspěch, obsahují-li při dostatečné tekutosti hojně rozpuštěných bituminésních látek a těžce-li se vypařují. Také nepříliš úspěšné je navrtávání dřeva a vyplňování děr olejem, solí a jinými prostředky.

Více konservující látky než nátěrem vnikne do dřeva jeho namáčením neboli ponořováním (Eintauchverfahren). Tímto způsobem provádí se tak zvané kyanování chloridem rtuťnatým čili sublimátem ($HgCl_2$), patentované r. 1823, jehož původcem byl Angličan Kyan. Účinek sublimátu byl však znám dávno před tím. Kyanuje se v dřevěných nebo betonových nádobách, naplněných obyčejně 0·66% roztokem sublimátu, do něhož se dříví ponoří, zatíží, aby nevyplavalo, a ponechá v něm delší dobu, často až 5 dnů. Roztok vniká do dřeva toliko nepatrně; do řídce rostlého borového nejvýše 1 *cm*, do tvrdého pouze několik *mm*. Podmínkou úspěšného napájení je suché, velmi pečlivě oloupané dříví. I nejslabší zbytky lýka nebo kambria znemožní zcela vstup sublimátu.

Sublimát jest ze všech solí nejúčinnějším konservačním prostředkem, jak patrno také z uvedeného již trvání jím napojených pražců a tegrafních tyčí. Dříve byla mu vytýkána jeho jedovatost. Ve dřevě jest značně vázán, takže se nevymívá, jelikož vlivem světla se mění v nerozpustný chlorid rtutičnatý. Nebezpečné místo na telegrafních tyčích, napojených sublimátem, totiž místo poněkud nad zemí a něco pod ní, napadané nejčastěji houbami, chrani se v poslední době ještě nepromokavým nátěrem asfaltu nebo podobné látky.

Poněkud více než studená konservující látka vniká do dřeva látka horká. Proto při novějších namáčecích pochodech (Kruskopfův, Ottův, Giussaniho a j.) ponořuje se dřevo do lázně horké. Tekutina vniká do něho pouze vlivem kapilární síly jako za studena. Větší nebo menší přetlak, způsobený hloubkou ponoru, nemá vlivu. Viskosita kapaliny umenšuje rychlost, jakou tekutina do dřeva vstupuje.

Rychlejší vstup a hlubší vniknutí do dřeva je dosažitelno toliko větším přetlakem. Ten vznikne bez zvláštního strojního zařízení tím, že se dřevo, ohřáté v horké kapalině a částečně jí napojené, ponoří do tekutiny studené. Ohřátím dřeva v horké lázni expandoval totiž vzduch v něm obsažený a jeho vlhkost se měnila v páry. Následujícím ochlazením vzduchu i vodních par vytvoří se ve dřevě zředění a kapalina je do něho vháněna přetlakem zevnějšího vzduchu. Dřevo se ohřívá dehtovými oleji a napájí dodatečně za studena buď také jimi nebo solnými roztoky. Avšak ani touto modifikací namáčecího pochodu se nepodaří, aby napájecí tekutina pronikla blánovým dřevem úplněji a stejnoměrněji.

b. Napájení při středním tlaku.

Typickým příkladem jest boucherování, zavedené r. 1837 francouzským lékařem Boucheriem. Týž docílil náležitého napětí hydrostatickým tlakem a impregnuje celý kmen, hned po poražení, čerstvý, neoloupaný, v poloze ležmé, maličko skloněné. K silnějšímu čelu kmene *k* (obr. I., tab. 34.) přiloží se litinová deska *V* s hrdlem uprostřed (obr. II. téže tab.) a připevní šrouby, přichycenými k dřevu háky *š*. Mezi ni a čelo vložena byla ucpávka *u*, tvaru těsnicího kroužku, takže vznikl uzavřený prostor, do kterého možno vpustiti impregnační tekutinu z nádrže *r*, postavené ve výši as 10 *m*. Nádrž bývá umístěna v hořejší části dřevěné věže, kdežto dole se připravuje roztok a zvedá do ní čerpadlem. Otevřením ventilu *v* na dně nádrže spojí se svislé potrubí *p* s vodorovným *t*, uloženým podél napájecího pole. Toto se skládá z podélných trámů *m*, *n*, podepřených kůly *s*, na které se navalují kmeny proti hrdlům na potrubí *t* s jednoduchými uzavíracími ventily v_1, v_2, v_3. Ventily spojují s jednotlivými hrdly desek *V* hadice *h*, značené tečkovaně.

Napájecí tekutina, napiatá na tlak, odpovídající výškové poloze nádrže, vniká čely do kmenů, protlačuje se cévami i tracheidami, v nichž prochází prostupnými místy z jedné do druhé, vytlačujíc před sebou šťávy, které z menšího čela vykapávají. S počátku tekou pouze šťávy, později šťávy smíšené s impregnační tekutinou a když tato počne vytékati stejně hustá a zbarvená jako je v nádrži, jest pochod ukončen. Tekutina prochází toliko dřevem blánovým, neboť, jak poznáno, jsou buňky dřeva jádrového ucpány. Boucherováním impregnují se nejčastěji telegrafní a telefonní tyče a to 1·5% roztokem síranu měďnatého ($Cu SO_4$), modré skalice. Jsou-li tyče z jehličnatého dřeva a mají délku kolem 10 *m*, trvá pochod as 14 dnů. Doba ta závisí velmi na jakosti a stavu dřeva.

Způsobem tímto možno napájeti dokonale dřevo březové, jilmové, lipové, méně dokonale dřevo smolné. Tvrdším a hustším místům se kapalina vyhne. Převážná většina telegrafních tyčí celého světa jest boucherována. V býv. Rakousku nahradila telegrafní správa od r. 1908 na radu setníka Malenkoviće modrou skalici fluoridem sodným a jinými fluorovými solemi.

Boucherováním možno prováděti také barevnou, dřevo zcela pronikající, impregnaci. Tak barví na př. octan železitý dřevo hnědě a následuje-li ještě napouštění tříslovinou, šedě až černě. Černé parkety se obdržují napájením odvarem z duběnek a roztokem zelené skalice.

Boucherování jest proti namáčení pokrokem, neboť umožňuje vpraviti do dřeva značné množství napájecí tekutiny a ji v něm dosti stejnoměrně rozděliti; možno však napájeti jedině roztoky solí. Další nevýhodu lze spatřovati v tom, že může býti nasycováno toliko dříví čerstvé, co nejdříve po poražení a že jeho pozdějším zpracováním, na př. na pražce, odpadá poměrně mnoho impregnovaného dřeva a nenasycené jádro se odkrývá. Z těchto příčin hodilo se boucherování toliko na telegrafní a telefonní tyče. Opustilo se, když seznány přednosti impregnace dehtovými oleji. S počátku byly tyče, oleji těmi napojené, znečišťovány na zevnějšku olejem z nich prýštícím. Vhodnou úpravou impregnačního pochodu jest závada ta nyní odstraněna.

c. Napájení při vyšších tlacích.

Jeden ze způsobů, kterým měl býti účinek boucherování zvětšen, záležel v užití vyšších tlaků, vyvozených čerpadly, k čemuž bylo třeba zvláštních zařízení (Lebioda, Pfister a Köpfer), nebo v upotřebení veliké vzduchoprázdnoty (Strasshun).

R. 1831 udal Bréant pochod, který byl Burnettem (1838), Bethelem (1838), Boultonem (1841), později Rütgersem, Polifkou a Hackerem zdokonalen a postupně propracován v novodobý impregnační pochod. Provádí se v Burnettově zařízení, znázorněném na obr. III., IV. a V., tab. 34. Plechový kotel *K* až 20 *m* dlouhý a 3 *m* v průměru, spočívající na podezdívce, jest uzavřen na pravém čele víkem, otočným kolem svislých čepů, nebo visícím na jeřábu. Detail víka s ucpáním naznačuje obr. V. Do kotle zastrkují se vozíky *V* s dřívím, určeným k impregnaci, po kolejnicích *k*, připevněných k železným konsolkám *u*. Část tečkovaně kreslených kolejí *l* vloží se do dráhy toliko při vsouvání a vytahování vozíků. Ke kotli připojeno několik potrubí s uzavíracími ventily. Jednotlivé fáse pochodu jsou: Paření dřeva, jeho evakuace zároveň s evakuováním kotle, vpuštění horké napájecí tekutiny a její napětí na značnou výši, na př. až na 9 *at*, kterýmž vtlačována pak do dřeva. Tím podaří se naplniti dokonale prostupné části dřeva impregnační tekutinou. Borové pražce napájejí se většinou směsí roztoku chloridu zinečnatého s olejem z kamenouhelného dehtu, kdežto dubové a bukové pouze olejem.

α. Postup při napájení chloridem zinečnatým.

Jsou-li vozíky s dřívím v kotli, zavře se čelo a utáhne šrouby, aby dokonale těsnilo. Pak se vpustí ventilem *3* pára, která vytlačí z kotle především vzduch ventilem *5*, načež ohřívá dříví. Doba ohřevu závisí

na počasí a na jakosti dříví. Pára zbaví čela dřev nečistot a učiní je schopnými přijmouti impregnační tekutinu; vpouští se ponenáhlu, aby po ½ hodině bylo v kotli napětí as 1·5 *at*, jež se udržuje po dobu od 30 minut do 4 hodin. Následuje vypuštění tekutiny, nashromaždivší se na spodku kotle, ventilem *2*. Je to kondensační voda se šťávou, vylouženou ze dřeva. Potom se kotel spojí otevřením ventilu *4* s vývěvou a jeho obsah zředí alespoň na vzduchoprázdnotu 60 *cm* rtuťového sloupce. Zředění to udržuje se nejméně 10 minut, načež se nassaje z nádrže pod kotlem otevřením ventilu v potrubí *1* roztok chloridu, ohřátého při nejmenším na 65⁰. Jakmile jest kotel zcela naplněn, zavře se ventil *1* a do kotle vtlačuje čerpadlem po otevření ventilu *6* další chlorid, až napětí v kotli stoupne nejméně na 7 *at*, které se udržuje 30—60 minut, po případě ještě déle, dokud dříví nepřijalo předepsaného množství roztoku. Stalo-li se tak, impregnační tekutina se vypustí, vozíky vytáhnou a dříví suší na vzduchu. Popsaný pochod pro dřevo borové, dubové a bukové znázorňuje graficky obraz I. na tab. 35.

Zcela analogický je postup při napouštění chloridem zinečnatým s přísadou dehtových olejů.

β. *Postup při napájení olejem z kamenouhelného dehtu.*

Olej má desinfekční schopnost nejméně třikráte větší než chlorid zinečnatý. Pochod znázorněný obrazem II. téže tab. pro dřevo dubové a bukové se rozpadá ve dvě části: na sušení dřeva odstraňováním jeho vlhkosti horkým olejem za spolupůsobení vývěvy a na vtlačování dehtového oleje tlakovou pumpou.

V kotli naplněném dřívím zředí se vzduch alespoň na 60 *cm* a zředění udrží po dobu nejméně 10 minut. Pak vpustí se do kotle po přítržích nebo najednou horký olej, aniž by se vzduchoprázdnota snížila a ohřeje buď parními hady nebo ve zvláštním, výše položeném trubkovém kotli, nejméně na 105⁰, nejvýše na 115⁰. Ohřev má trvati alespoň 3 hodiny a dosažena-li uvedená teplota, ještě dalších 60 minut, podle stavu dříví, buď za stálé vzduchoprázdnoty nebo i bez ní. Od okamžiku, kdy počalo plnění olejem, spojil se napájecí kotel s trubkovým chladičem, který sráží páru, vznikající z vlhkosti dřeva, a kondensát odvádí. Je-li srážení páry skončeno, kotel se naplní olejem zcela, a uvede v činnost čerpadlo, které vyvine napětí nejméně 7 *at*, jež se udržuje 30—60 minut, po případě ještě déle. Po vypuštění dehtového oleje z kotle jest napájení dřeva skončeno.

Popsaný napájecí způsob byl Polifkou a Hackerem různě doplněn. Jejich zvláště charakteristická modifikace je ta, že na dřevo dají po delší dobu působiti nejdříve horké napájecí lázni, kterou však vypustí a nahradí studenou, načež následuje teprve vtlačení další části napájecí tekutiny čerpadlem.

Tyto variace spolu se základním pochodem jeví se jako pochody plného napájení (Volltränkungsverfahren), vyznačující se tím, že jimi lze vpraviti do dřeva největší možné množství im-

pregnační tekutiny a je vyplniti zcela ve všech dostupných částech. Tak jí přijme 1 m^3 borových pražců až 300 *kg*, dubových 100 *kg* a bukových 350 *kg*. Pražce takto napojené, buď chloridem zinečnatým s přísadou dehtového oleje nebo olejem samotným, osvědčily se v praksi tak dobře, že borové vydrží i přes 20 let, dubové 25 a bukové i přes 30, ovšem pouze tehdy, byly-li zcela zdravé a dokonale impregnované.

γ. *Úsporná napájení* (Spartränkungen).

Rozumí se, že s množstvím pojaté napájecí látky stoupá i cena impregnace. Když v novější době seznáno, že k zamezení hniloby není třeba, aby veškeré dutiny dřevních buněk byly zcela vyplněny, nýbrž že stačí, jsou-li jejich vnitřní plochy konservující látkou toliko potaženy, hledány úsporné impregnační pochody, jež by poskytovaly stejné ochrany při menší spotřebě napájecích látek. Podle provedených pokusů stačí na př. k dokonalému konservování 1 m^3 borových pražců 100 *kg* napájecí tekutiny místo 300 *kg*.

Cest vedoucích k dosažení úspor jest několik. Podle jedné vpraví se do dřeva toliko ono malé, avšak dostačující množství napájecí tekutiny, a v něm stejnoměrně rozdělí, jakož i do hloubky vtlačí napiatým vzduchem, parou nebo vodou.

Jinou cestu, udanou Northeimerem, znázorňuje obr. III., tab. 35. Do dřeva vtlačí se napájecí tekutiny as o polovinu více než třeba a přebytečná odstraní evakuováním. Postup: Je-li dříví do kotle vpraveno, naplní se tento pokud možno rychle olejem, 60—105° horkým, což se stane napiatým vzduchem při otevřeném vzdušním ventilu, takže v kotli není za plnění přetlaku. Následuje zavření vzdušního ventilu a vtlačení odváženého množství oleje. Vtlačením vznikne uvnitř napětí 1·5—2 *at*, je-li dříví velmi suché a řídké, nebo až 7 *at*, je-li vlhké nebo husté. Pak se čerpadlo zastaví a obsah kotle ponechá nejméně 20 minut v klidu, po případě tak dlouho, dokud napětí neklesne skoro až na nulu, načež se olej z kotle při otevřeném vzdušním ventilu vypustí, takže v kotli není zase ani tlaku ani zředění. Po té následuje pokud možno veliké zředění vzduchu vývěvou; dosaženo-li zředění 60 *cm*, udrží se alespoň po dobu 10 minut. Pak se vývěva zastaví, do kotle vpustí as na 5 minut vzduch a zase evakuuje. Nové 60 *cm* zředění se udrží nejméně 10 minut a konečně se vpustí vzduch.

Pusobením horkého stlačeného oleje byl napiat i vzduch, obsažený v buňkách, jakož i vzniklá pára. Klesnutím tlaku se plyny tyto rozpínají a vytlačují přebytečný olej ze dřeva. Způsob tento se osvědčil dobře pro hustá dřeva domácí a vlhká cizí. — Je-li dřevo zcela suché a řídké, stačí k vypuzení přebytečného oleje menší tlakové rozdíly, jak potvrzuje pochod Heiseho, naznačený graficky na obr. V. téže tab.

Jiný úsporný napájecí pochod je tak zv. dvojité napouštění (Doppeltränkung), nejdříve chloridem zinečnatým nebo jiným vodným

roztokem a pak olejem. Následují v něm za sebou tyto operace (obr. IV., tab. 35.): Napřed se dřevo paří, potom kotel slabě evakuuje, naplní chloridem zinečnatým a napne vtlačením dalšího chloridu čerpadlem. Poté se přebytečný roztok vytlačí dvakráte opakovaným zředěním, načež se kotel naplní horkým olejem a čerpadlem napne. Dosaženo bylo dobrých, neočekávaných výsledků, jelikož se napájení vlhkého dřeva olejem nikdy nedařilo. Ukázalo se však, že lze je napojiti omezeným množstvím oleje a v něm stejnoměrně rozděliti, bylo-li pařením vysušeno a napřed částečně nasyceno vodnými roztoky. Příčina je pravděpodobně ta, že čerstvá a vlhká protoplasma, zamezující průchod oleji prostupnými ploškami bunic, po uschnutí ani větším množstvím vody nenabude tak brzy svého původního mazlavého, nepropustného stavu.

Výborně se osvědčil úsporný pochod Wassermannův, zavedený Rüpingem. Jeho podstata je tato: Póry dřeva naplní se nejdříve vzduchem, napiatým na 1·5—4 *at*. Napětí to se ponechá 5—10 minut. Pak se kotel naplní při nezměněném napětí, aby vzduch ze dřeva nemohl unikati, olejem, nejméně 70—90° horkým, a vtlačí do kotle další část dehtového oleje tak odměřená, aby vznikl při dřevě borovém přetlak 5·5—7, při dubovém a bukovém 7—8 *at*. Napětí toto udržuje se v kotli v prvém případě 30 minut, v druhém 1 až 3 hodiny. Potom se olej vypustí a kotel evakuuje nejméně na 60 *cm*, kteréž napětí se udržuje 10—15 minut. Vzduch, naplňující každou buňku, byl vmáčknutým olejem stlačen, a olej vyplnil zbytek její prostory. Zmizením tlaku po vypuštění oleje a při následujícím evakuování vzduch se rozpíná, a přebytečný olej, ke stěnám buněk nepřilnuvší, z buněk vypuzuje. Při bukovém dřevě nutno pochod dvakráte opakovati.

Rüpingův impregnační pochod, naznačený na obr. VI., tab. 35., na němž znázorněno graficky napájení borových, dubových a bukových pražců, osvědčil se pro všechny druhy zdravého a suchého dřeva; napájení mokrého není uspokojivé.

Rütgersovým závodům (Podniky komand. společnosti Quido Rütgers, jež má u nás závody v Č. Budějovicích a v Rosicích u Pardubic) se podařilo přizpůsobiti Rüpingův pochod i pro mokré dříví tím, že předsunuto bylo jeho sušení dostatečně dlouhým ponecháním v horkém oleji za mírné vzduchoprázdnoty. Vlhkost se odpařuje a páry odvádějí podobně, jak poznáno při plném napájecím pochodu. Po dokončeném sušení se olej odpustí a dřevo podrobí normálnímu Rüpingovu pochodu.

Konečně lze úsporně napájeti emulsí z oleje z kamenouhelného dehtu a pryskyřičného mýdla.

O podstatě hniloby dřeva, houbách, které je napadají, o ochranných prostředcích, konservování dřeva proti hmyzu a ohni pojednávají přednášky z encyklopedie technické chemie, na něž odkazuji.

Knižní literatura o dřevě, jeho konservování a zpracování:

Hanausek T., Lehrbuch der technischen Mikroskopie, Štuttgart, 1901.
Andés L., Die Holzbiegerei und die Herstellung der Möbel aus gebogenem Holz, Víděň a Lipsko, 1903.
Tuszon J., Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes, Berlín, 1905.
Antoš J., Chemická technologie dřeva, 2. vyd., Praha, 1907.
Malenković B., Die Holzkonservierung im Hochbau, Víděň, 1907.
Pfister J. jr., Das Färben des Holzes durch Imprägnierung, Víděň, 1908.
Andés L., Die technischen Vollendungsarbeiten der Holzindustrie, 5. vydání, Víděň a Lipsko, 1909.
Netzsch J., Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung, Mnichov, 1909.
Wilda H., Das Holz, sbírka Göschenova, svazek 459, Lipsko, 1909.
Neger F., Die Nadelhölzer, sbírka Göschenova, svazek 355, Berlín a Lipsko, 1912.
Vespermann H., Bauhölzer, Lipsko a Berlín, 1914.
Lang G., Das Holz als Baustoff, sein Wachstum und seine Anwendung zu Bauverbänden, Berlín, 1915.
Troschel E., Handbuch der Holzkonservierung, Berlín, 1916.
Zimmermann W. a Mäder H., Das Beizen und Färben und die gesammte Oberflächenbehandlung des Holzes, 8. vyd., Curych, 1918.
Demuth T., Mechanische Technologie der Metalle und des Holzes, 3. vyd., Víděň a Lipsko, 1921.
Moll F., Holzkonservierung und Imprägnierung, Berlín, 1921.

ČÁST DRUHÁ.

Zkoušení materiálu.

Materiál pro technické účely musí vyhovovati vždy určitým požadavkům. Proto se objednavatel přesvědčuje zkouškou, zda mu byl dodán takový, jaký potřebuje, aby se mohl spolehnouti na jeho pevnost a bezpečně, bez obtíží, konstruovati. Avšak i závod, jenž materiál vyrábí, hledí nabýti jistoty, že dodává skutečně takový, jaký mu byl objednavatelem předepsán; kromě toho má ve zkouškách nenahraditelnou pomůcku své stálé snahy po úspornější výrobě materiálu téže jakosti, jakož i po dosažení jakostí lepších a lepších. Z těchto důvodů mívají huti dokonale zařízené nejen chemické laboratoře, ale i zkušební stanice.

Jelikož se na materiál kladou požadavky nejrozmanitějšího druhu, budou různé i zkoušky, jimiž se přesvědčujeme, že požadavkům skutečně vyhovuje.

Nejprostším způsobem, ale ne vždy spolehlivě, zkouší se jakost materiálu podle vzhledu. Tak určují v mnohých slevárnách dodnes jakost slévacího železa dle průběhu lomové plochy, její zrnitosti a temnější nebo světlejší barvy. V některých případech může býti i taková zkouška dobrou rozlišovací pomůckou. Rovněž lze na př. podle tvaru jisker, vznikajících při broušení, rozeznávati různé druhy oceli bez jakýchkoli pomůcek a teoretických znalostí, nabyl-li pozorovatel náležitého cviku.

Ve skladištích strojíren a závodů, zpracujících železo, nahromadí se průběhem roku množství zbytků železných i ocelových tyčí, jejichž označení zmizelo. K jejich roztřídění podle jakosti bylo by třeba buď výbrusů a drobnohledu, což vyžaduje značně času, nebo chemických rozborů, které jsou zase drahé. V poslednější době se poznalo, že jiskrový svazek každého druhu oceli, vznikající při broušení, má určitý, svérázný vzhled, jak dokazují příklady na obrazech I. až VI., tab. 36.

Smirkový třídicí kotouč má býti zrnitý (Norton-Alundum, čísla 40—56), ostrý, prostředně tvrdý a obíhati obvodovou rychlostí 30—35 *m*. Rozlišované druhy oceli nutno přitlačovati k brusu stejnou silou a přikládati na témže místě, brousí-li boční plochou, aby byly zachovány i stejné brusné rychlosti. Dále jest žádoucno, aby účinná plocha byla

po každé zkoušce očištěna, poněvadž by částečky kovu, zbylé na ní po jedné zkoušce, působily rušivě při zkoušce druhé.

Odletující jiskra jest žhavou, brusem odmrštěnou třískou. Částečky kotouče, oddělené při broušení, odletují sice také, ale nerozžhavují se. Cesta jiskry od jejího vzniku až k uhasnutí jest jiskrovým paprskem; všechny paprsky dohromady tvoří svazek. Délka paprsku závisí na velikosti jiskry, tedy na její hmotě, a ta na zrnu kotouče, brusné rychlosti, druhu broušeného kovu, jakož i na tlaku, jakým je k brusu přitlačován. Tříska odletuje sice žhavá, ale pevná, v letu se otepluje až k bodu tavení, načež, nabývajíc barvy světlé až bílé, se roztavuje, vzniká krůpěj kovu, která konečně exploduje v množství krátkých, různě vytvářených paprsků, jejichž tvar a rozčlenění charakterisuje různé druhy železa.

Paprskový svazek kujného železa, znázorněný obrazem I., končí jiskrami, složenými jenom z malého počtu krátkých, ostrých a rovných paprsků, rozbíhajících se vějířovitě ze světlého středu. Jejich počet jest úměrný obsahu uhlíku v železe. Proto měkká uhlíková ocel má paprsků těch více a ještě více tvrdá ocel (obr. II.); jinak se paprskové svazky uhlíkových ocelí sobě zcela podobají.

Úplně odlišný vzhled mají paprskové svazky a jiskry ocelí manganových. Dlouhé paprsky končí jiskrou, rozbíhající se zase vějířovitě ze středu, ale konce krátkých paprsků nevybíhají ve špičky, nýbrž všechny, až na jeden silnější, zakončený opětným sesílením, končí novou vějířovitou jiskřičkou. Tyto podružné jiskřičky vyznačují ocel manganovou. Počtu krátkých paprsků velké jiskry přibývá zase s obsahem manganu, jak potvrzují obrazy III. a IV., z nichž prvý znázorňuje paprskový svazek měkké a druhý tvrdé manganové oceli s 1·6% C a 0·45% Mn. Ve velikých jiskrách tvrdé oceli lze pozorovati více rovných jazykovitých paprsků.

Neméně odlišné jsou paprskové svazky a jiskry ocelí wolframových (obr. V. a VI.). Hlavní paprsky mají vzhled tmavočerveně čárkovaných přímek, které končí, je-li ocel jen málo přitlačována nebo brus tupý, pouze tlustší a světlejší čárkou. Při větším tlaku končí paprsek silnějším, ve špičku vybíhajícím jazykem a svazkem kratších, sotva znatelných čárek, zakončených světlými kuličkami, způsobujícími dojem, jako by byly ze středu jiskry všemi směry vymrštěny (obr. V.). Paprskový svazek oceli chromowolframové, rychlořezné, (obr. VI.), různí se od svazku oceli wolframové dvěma druhy paprsků, velmi slabými tmavočervenými a silnějšími cihlově červenými, které končí ostrými, mírně ohnutými jazyky.*)

Další zkouškou, někdy nezbytnou, jest chemický rozbor. Z chemického složení železa možno souditi na jeho pevnost, tvrdost, kalitelnost i tvárnost. Mořením a leptáním (Beiz- und Ätzprobe) zjistí se stálost materiálu a určí jeho různě tvrdé strukturní součásti.

*) Bližší viz: Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1909, str. 171.

Zkouškou mikroskopickou a metallografickou může býti vyšetřena vnitřní strukturní skladba, lze stanoviti, za jakých poměrů vzniknou strukturní součásti výhodné pro určité upotřebení materiálu a jak možno se vyhnouti nevítaným. Metallografickou zkouškou lze také zjistiti, jakému tepelnému působení byl materiál před tím vystaven atd. Velikým oborem zkušebnictví, které se vyvinulo ve zvláštní vědu, jest obor mechanického zkoušení materiálu s úkolem, vyjadřovati jeho fysikální vlastnosti čísly, na podkladě kterých konstruktér může dimensovati strojní součásti, aby snesly určitá namáhání.

Nejnovější, dosud na počátku vývoje se nalézající, způsob zkoušení materiálu jest jeho vyšetřování Röntgenovými paprsky. Prozářením možno zjistiti jeho vnitřní vady, bubliny v odlitcích, vadný svár atd. a to i na předmětech již vyrobených. Byl také dán podnět vyšetřovati touto cestou strukturní složení kovů. Jejich značná neprůsvitnost zabraňuje však dosud zkoumati předměty větší tloušťky. Podle zpráv velikých francouzských závodů podařilo se prosvítiti desku z tvrdé oceli 100 *mm* silnou a zjistiti v ní dutinky 0·5 *mm* v průměru.*)

Chemické rozbory, metallografické a mechanické zkoušky mohou prováděti, nepřihlíží-li se ke stanicím školním a soukromým, toliko huti a veliké spotřebny materiálu, na př. velké strojírny, mající chemické laboratoře, metallografické i zkušební stanice s potřebným strojním zařízením a odbornými silami.

S malým strojním zařízením nebo i bez něho lze nabýti jistých poznatků o jakosti materiálu zkouškami technologickými.

A. **Technologické zkoušky.**

Zkouší se jimi zejména vhodnost materiálu ke zpracování určitým způsobem, na př. kováním, tepáním, svářením. Určením pevností hledíme nabýti jistoty, že výrobek zhotovený ze zkoušeného materiálu snese dané zatížení, kdežto technologické zkoušky směřují k poznání, zda materiál vydrží určité přetvoření, určitou změnu na základě tvárnosti. Tak stanoví se na př. ohybovou technologickou zkouškou lámavost v různých teplotách, aby se poznalo, jak dalece může býti materiál v té neb oné teplotě zpracován aniž by trhal, kdežto zkouška pevnosti v ohybu má za účel, určiti velikost odporu, jaký materiál klade namáhání ohybem. V prvém případě pozoruje se deformace, v druhém velikost odporu. Podle této definice možno počítati určování stažnosti, velikosti prodloužení i průhybu při zkouškách pevnosti k operacím technologickým.

*) Bližší viz: Die Werkzeugmaschine 1916, str. 35; 1918, str. 196 a 212; Stahl und Eisen 1916, str. 849; 1917, str. 504 a 709; 1918, str. 39, 508, 533 a 558; Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1919, str. 203.

Technologické zkoušky přizpůsobují se co nejvíce zamýšlenému upotřebení materiálu. O tom, jak je prováděti, není dosud jednotných názorů, tím méně všeobecně platných a závazných pravidel, ač nechybí snah po normalisaci a možnosti přímého porovnávání výsledků. Rozlišují se podle způsobu zpracování materiálu. Nejdůležitější jsou zkoušky tvárnosti; někdy se zkouší i jeho spojovací schopnost, na př. svářením, a pak snadnost opracování.

Objednavatel, zvláště takový, který potřebuje mnoho konstruktivního materiálu, klade do svého závěrného listu při sdělávání kupní smlouvy kromě podmínek, týkajících se pevnosti, i druh technologických zkoušek, kterým musí materiál vyhověti a v jakém rozsahu.

I. Zkoušky tvárnosti.

Tvárností rozumí se schopnost látky měniti svou podobu přemísťováním jednotlivých částeček zevnějšími silami, aniž by byla jejich soudržnost porušena. Tvárnost, závisící hlavně na soudržnosti částic, zkouší se nejčastěji ohybem.

1. **Zkoušky ohybem** (Biegeproben).

Dají obraz o houževnatosti materiálu neb o jeho opačné vlastnosti, lámavosti. Zkoušen-li materiál v obyčejné teplotě, provádí se zkouška lámavosti za studena (Kaltbiegeprobe), zvaná při železe také zkouškou na fosfor; koná se s materiálem ve stavu, v jakém byl dodán, nebo po vyžíhání. Podobně se mluví o zkoušce lámavosti za tepla (Warm- nebo Rotbruchprobe) neboli na síru, zkoušeno-li železo*). Kromě síry může býti příčinou lámavosti svářkového železa ještě struska, železa plávkového rozpuštěný kysličník. K zjištění citlivosti materiálu při zpracování za nedostatečného ohřevu provádí se zkouška lámavosti v modrém žáru (Blaubruchprobe). O jeho kalitelnosti přesvědčujeme se ohýbací zkouškou po zakalení (Härteprobe, Abschreckprobe). Zvětšení tvrdosti posuzuje se nejdříve pilníkem, potom ohybem; ze ztvrdlého materiálu urazí se ohýbaný konec již prvým rázem kladiva.

Ohýbací zkoušky konají se na plochých tyčích 150—300 *mm* dlouhých, jež mají šířku třikráte větší než tloušťku. Ohýbají se buď kolem trnu (obr. VII., tab. 36.) nebo lisem (obr. VIII. téže tab.), kterému způsobu nutno přiznati přednost před ručním ohýbáním na kovadlině. Tyč se ohýbá tak dlouho, až se na ní ukáže patrný nálom, trhlina, odlišná od trhlinek pokožkových. Tyč se porušuje v místech nejvíce namáhaných příčnými trhlinkami; vznikají-li i podélné, svědčí o kazovitém materiálu. Stupeň tvárnosti posuzuje se velikostí úhlu, který opsala ramena ohý-

*) Bližší o vlivu fosforu a síry na železo viz str. 27. a 28.

bané tyče z původní polohy než vznikl nálom, a poloměrem zakřivení v ohbí.

Tak bylo u nás předpisováno pro s v á ř k o v ý materiál na m o s t y, aby zkušební pásek 50—80 *mm* široký, vystřižený ve směru válení z plechu, plochého železa nebo úhelníku, snesl za studena ohyb kolem trnu s poloměrem dvakráte větším než je tloušťka pásku, o úhel 150° (obr. VII., tab. 36.), aniž by se v ohbí porušil. Ohřátý do temně červeného žáru měl vydržeti ohyb o 180° a úplné dolehnutí ramen na sebe podle obr. IX. téže tab.

Stejné zkušební pásky, prohoblované kolmo ke směru válení až do 0·2 tloušťky, nebo sekáčem ostře naseknuté (obr. X., tab. 36.) a ohýbané za studena tak, aby násek byl v napínané části, nesmějí se zlomiti v celé tloušťce ani při úplném ohybu; vzniklý lom má míti sloh vláknitý.

Pásky, vyňaté kolmo ke směru válení, mají snésti stejné ohyby jako pásky vystřižené ve směru válení (o 150 a 180°), aniž by se na nich ukázaly jakékoli poruchy, když poloměr zakřivení při ohybu za studena jest 12kráte a při ohybu za červeného žáru 8kráte větší než tloušťka plechu.

Někdy se předpisují ohybové zkoušky i na páscích nebo tyčích provrtaných (obr. XI., tab. 36.). Zkušební tělesa, která mají míti šířku pětkráte větší než tloušťku, a díry o poloměru rovném tloušťce, ohýbají se právě v místě seslabeném.

Pro p l á v k o v ý materiál k t é m u ž ú č e l u se předpisuje: pásky 50—80 *mm* široké, vyříznuté ve směru válení i kolmo k němu, mají vydržeti za studena ohyb o 180° bez popraskání a poruch, když průměr zakřivení v ohbí jest roven v prvém případě jednoduché, v druhém dvojnásobné tloušťce plechu. Z plochých železl užších než 350 *mm* a ze železl tvarových vyjímají se zkušební pásky jenom rovnoběžně se směrem válení.

Zkušební pásky téže šířky z plechů, plochých a tvarových železl, s rýhou naseknutou nebo vyhoblovanou kolmo ke směru válení do hloubky 1 *mm*, ohýbané kolem trnu, jehož průměr je pětkráte větší než tloušťka pásku, nesmějí prasknouti náhle v celém průřezu, dokud se materiál s pevností 45 *kg* na 1 *mm*² neohne alespoň o 90°, materiál s pevností 40 *kg* alespoň o 120° a materiál s pevností 36 *kg* alespoň o 150°. V tmavočerveném žáru musí pásky tyto vydržeti ohyb kolem ostré hrany a úplné dolehnutí ramen.

Zakalený materiál má se chovati při ohýbacích zkouškách právě tak jako materiál nezakalený; nemá tedy zakalením patrněji ztvrdnouti.

Měkký plech ze zasaditého pochodu je tak tvárný, že lze tabuli as 10 *mm* silnou za žhava přeložiti na polovici a tu ještě na čtvrtku bez nejmenších poruch v ohbích.

Podle dodávacích podmínek Československých státních drah má m ě d ě n ý plech v tloušťkách do 10 *mm* vydržeti za studena i tepla ohyb o 180° kolem trnu s průměrem rovným tloušťce plechu a opětné rozevření.

Plech silnější než 10 *mm* musí snésti za studena ohyb nejméně o 30⁰, za tepla o 180⁰. Mosazné plechy mají vydržeti bez poruch za studena ostrý ohyb o 90⁰ a narovnání; tenké plechy vtlačení do ostrohranné matrice.

Oblé svářkové železo na nýty ke konstrukcím mostním má snésti za studena bezvadný ohyb o 180⁰ a takové sblížení ramen kladivem nebo lisem, aby průměr zakřivení v ohbí byl roven poloviční tloušťce železa (obr. XII., tab. 36.). Totéž železo, ohnuto o 45⁰ kolem trnu s poloměrem, rovným poloviční tloušťce železa, a zase narovnáno, nemá jeviti známek poruchy (obr. XIII. téže tab.).

Plávkové železo na nýty, ohnuté za studena o 180⁰ a tak zkované nebo lisem stlačené, že obě ramena leží těsně na sobě (obr. XIV.), nesmí se v ohybu porušiti. Po ohnutí o 90⁰ kolem trnu s poloměrem rovným poloměru průřezu železa má snésti zase bezvadné narovnání.

Měděné tyče na rozpěrací svorníky k lokomotivním topeništím mají vydržeti za studena i za tepla ohyb o 180⁰.

Velmi tvárný materiál čtvercového průřezu, na př. plávkové železo, snese za studena také ohyb o 180⁰. Při tom se deformuje, jak naznačuje obr. XV. Původní čtvercový průřez se v tažené části ohybu zužuje, v tlačené rozšiřuje a přechází v lichoběžníkový s mírně prohnutými bočními hranami; neutrální osa je ze střední polohy značně pošinuta.

K ohýbacím zkouškám patří také zkoušky rozvinováním (Aufrollproben), jakými se přesvědčujeme na př. o jakosti úhlových želez,zejména o jejich stejnorodosti. Konec úhelníku oddělený od tyče výseky (obr. XVI., tab. 36.), má snésti za studena rozevření ramen (obr. XVII.) a potom jejich různá ohnutí, jak znázorňují obrazy XVIII., XIX. a XX.

Jakost drátu, zejména jeho houževnatost, posuzuje se počtem ohybů o plných 180⁰ (Hin- und Herbiegeprobe), kterým drát vzdoruje, než se nalomí. Ke zkoušce upne se drát do svěráku se zaoblenými čelistmi nebo do zvláštního ohýbacího strojku, jehož čelisti jsou také zaobleny (obr. XXI., tab. 36.), přečnívající konec přichytí k otočné páce a touto ohýbá. Plávkové dráty 6, 5, 4, 3, 2·5, 2, 1·7 *mm* v průměru, vydrží podle Wawrzinioka všeobecně 6, 7, 8, 8, 10, 14 a 16 ohybů, když prvé tři dráty se ohýbají kolem čelistí zaoblených dle poloměru 10 *mm*, ostatní kol čelistí s poloměrem zaoblení 5 *mm*.

Tato jakost bývá také někdy udávána počtem zákrutů na určitou délku (Verwindungsprobe), jež drát bez poruchy snese. Zkrucovaná délka má odpovídati alespoň 75násobné tloušťce drátu a býti nejméně 150 *mm*. Upínací čelisti musí se při zkoušce sbližovati v poměru, v jakém ubývá délky drátu zkrucováním. Plávkové dráty průměrů 6, 5, 4, 3 2·5, 2, 1·7 *mm* mají všeobecně vydržeti 16, 19, 23, 28, 30, 32, 38 zákrutů.

Pružnost drátu se posuzuje velikostí úhlu α, o který se drát vzpřímí z vodorovné polohy, do které byl ohnut (obr. XXI.).

2. **Zkoušky kovářské** (Schmiedeproben).

Bývají obyčejně předpisovány kromě zkoušek ohýbacích. Některé poskytují názor hlavně o kujnosti, jiné o tvárnosti. Jsou velice rozmanité; provádějí se za studena i za tepla.

O k u j n o s t i se přesvědčujeme vícenásobným ohybem plochých tyčí značných rozměrů (obr. XXII., tab. 36.) a jejich zkováním na plocho (obr. XXIII.). Kujný materiál neutrpí tím žádných poruch ani v ohybech ani na okrajích tyče. Ostrou zkoušku kujnosti, jakou snese jenom velmi dobrý, za žhava nelámavý materiál, znázorňuje obr. I., tab. 37. Plochá tyč, as 10 × 30 *mm* v průřezu, se na konci ohřeje, rozsekne, načež se oddělené části ohnou, jak z obrazce zřejmo. Když ohyb vydržely, prorazí se v tyči za tepla díra, zvětší vrážením trnu až na poloviční šířku tyče a tato ohne v seslabeném místě o 180^0.

Kujnost železa zkouší se často také r o z k o v á n í m d o š í ř e za tepla (Ausbreiteprobe, Ausschmiedeprobe). Plochá tyč šířky b (obr. II., tab. 37.), třikráte větší než jest její tloušťka a, nebo pásek plechu — když má býti kujnost tohoto vyšetřena — vyříznutý ve směru válení, rozkove se nosem kladiva, zaobleným dle poloměru 15 *mm*, v délce 1·5—2 b. Nos dopadá rovnoběžně s vlákny tak dlouho, až se materiál počne porušovati. Při práci nesmí teplota příliš klesnouti; nestačí-li, ohřeje se tyč znovu. Materiál náležitě kujný snese rozšíření 1·5—2 násobné.*) Měrou kujnosti je podle M a r t e n s e a IV. kongresu Mezinárodního svazu hodnota $\frac{100\,b'}{b}$, podle W a w r z i n i o k a $\frac{b-b'}{b}$ 100%.

N ý t o v ý materiál se zkouší srážením (Stauchprobe). Váleček o průměru d a délce $2\,d$ sráží se za studena i tepla, dokud nevzniknou na něm trhliny. Dobrý materiál vydrží bez poruchy za studena sražení na polovinu, za tepla až na třetinu délky. Také se zkouší jeho vhodnost tvořením nýtové hlavy a sražením hotové na plocho. Pro svářkový materiál na nýty k mostním konstrukcím se u nás předpisuje kromě uvedené velikosti sražení svorníku, aby hotová nýtová hlava, zkována za červeného žáru na plocho, zůstala celistvá, bez trhlin, a pro plávkový materiál, aby na zkušební hlavě, právě tak na plocho stlučené jako v předešlém případě, nevznikly trhlinky, ani když značně zchladla a byla zpracována ještě v modrém žáru.

Pro šroubová a nýtová spojení mají význam zkoušky d ě r o v á n í m a r o z š i ř o v á n í m d ě r (Lochproben, Aufdornproben). V prvém případě se prostřihuje zkušební pásek za žhava průstřižníkem, jehož průměr jest roven tloušťce pásku (obr. III., tab. 37.), a stanoví, jak blízko možno díru přiblížiti k okraji, aniž by se porušil. Pásek má míti větší šířku než 5 b. Měrou odporu proti vytržení jest hodnota $\frac{b}{2\,m}$. V druhém

*) Na obr. II., tab. č. 37., má býti tato hodnota označena písmenem b'.

případě se rozšiřuje díra, proražená ve žhavém zkušebním pásku průbojníkem, vrážením silnějších trnů střídavě s obou stran, dokud nevzniknou na jejím obvodu trhliny. Zkušební pásek má šířku pětkráte větší než tloušťku a proražená díra průměr rovný dvojnásobné tloušťce. Průměru rozšiřovacích trnů má přibývati o 1 *mm* na délku 10 *mm*. Velikost rozšíření v % se vyjadřuje hodnotou $\frac{d' - d}{d} \cdot 100$, když d jest průměr díry proražené a d' díry rozšířené.

T v á r n o s t plechů, které mají při zpracování vydržeti značné deformace, zkouší se v y t e p á v á n í m (Polterprobe) nebo t a ž e n í m (Ziehprobe). Slabé plechy se vyšetřují za studena, silné za žhava. Kruhový plech, zkoušený prvým způsobem, vtepává se ohřátý na třešňově červený žár do kulovité zápustky (obr. IV., tab. 37.), která má podle některých předpisů 600 *mm* v průměru. Silnější plech může býti za zkoušky i vícekráte ohřát. Zkoušen-li plech tažením, vtlačuje se pístem, ukončeným kulovitě, do matrice (obr. V. téže tab.). Plech vyhovuje, snesl-li prohnutí nebo vtlačení pístu určitého průměru do jisté hloubky, aniž by se na něm ukázaly trhliny nebo odštěpeniny.

Vhodnost plechu, na němž hotoveny budou o b r u b y nebo l e m y, se vyšetřuje z k o u š k o u l e m o v a c í (Bördelprobe, Umbördelprobe). Kruhový plech, často kolem 600 *mm* v průměru, se soustřednou děrou 140 *mm* ve světlosti, položí se ohřátý na litinovou podložku, jeho vnitřní okraj ohne rázy kladiva kolkolem o 90^0 a převede v plochu válcovou (obr. VI., tab. 37.). Ohřev se opakuje, nelze-li zkoušky provésti po ohřevu jediném.

K o t l o v é t r u b k y, upevňované v čelech kotlů zaválením do děr o něco větších než jest jejich zevnější průměr, zkoušejí se na způsobilost k tomuto druhu těsnění r o z š i ř o v á n í m (Aufweiteprobe) za studena. Konec trubky, nastrčený na roh kovadliny, zvětšuje se v průměru na délce as 30 *mm* rázy nosem kladiva, dopadajícími místo vedle místa, rovnoběžně s osou trubky, jíž se pootáčí (obrazy VII., tab. 37.).

Přečnívající konce zaválených trubek ohýbají se někdy v lem, vyztužující čelo. Zkoušky způsobilosti materiálu k tomuto přetváření se provádějí vrážením kuželových trnů s postupně větším a větším vrcholovým úhlem do vyžíhaného konce zkušební trubky. Měřítkem tvárnosti je buď úhel ohybu nebo poměr poloměrů $r : r_1$ (obr. VIII., tab. 37.).

Československé státní dráhy předpisují kromě jiných zkoušek, aby trubky kouřové i přehřívací snesly na konci vytvoření kolmého lemu, 6 *mm* širokého a rozšíření kuželovým trnem, za studena na průměr o 0·1, za tepla na průměr o 0·3 větší.

II. **Zkoušení schopnosti spojovací.**

Bývají předpisovány způsoby, jak se mají látky spojovati, jakož i zkoušky ke kontrole těchto spojení. Spoj zkouší se obyčejně ohybem nebo tahem na strojích trhacích.

Nejdůležitější z těchto zkoušek, zkouška svárnosti (Schweissprobe), provádí se tak, že se ze zkoušeného materiálu vyřízne plochá tyč, rozdělí, připraví k šikmému sváru a řádně svaří. Před zkouškou jakosti sváru ohybem učiní se v polovině délky švu záseky na obvodu tyče. Na zlomené tyči má trhlina jíti od záseku k záseku, bez ohledu na šev; probíhá-li od záseku podél švu, jak na obrazech IX., tab. 37., naznačeno, a nikoli rovně napříč, je svár vadný*). Někdy se svár ohýbá bez záseků; pak se nemá rozevříti.

Při zkoušce tahem je nutno přetrhnouti kromě vyžíhané svařené tyče také vyžíhanou tyč nesvařenou. Obyčejně se žádá, aby tyč svařená měla alespoň 0·9 pevnosti tyče celistvé.—

Aby huti usnadnily objednavatelům výběr materiálu určitých vlastností, vydávají ke svým normáliím výrobků a profilovým knihám nebo sešitům také jakostní tabulky, v nichž u každého druhu materiálu uvedena jeho jakostní značka, udáno k čemu se nejlépe hodí, jakou má pevnost, stažnost, jaké prodloužení a kterému druhu technologických zkoušek vyhovuje. V dopisech vyznačuje se potom určitá jakost pouze její značkou.

Za příklad budiž uvedeno z jakostní tabulky plávkových plechů železáren ve Vítkovicích toto: Závody vyrábějí železné plávkové plechy v šesti jakostech. Jakost č. 1. označují dvěma vyraženými čtyřcípými korunkami vedle sebe, třemi písmeny K pod nimi a vtiskem „zaručeně svárná". Dále uvádějí v jakostní tabulce, že plech ten je z nejlepšího, obzvláště měkkého, stejnorodého plávkového železa Siemensova a Martinova, pečlivě vyžíhaný, že se upotřebuje na stavbu lokomotivních i lodních kotlů, vařáků, destilačních bání a že se hodí obzvláště k složitému lemování a sváření. Nejčastější souhlasné obchodní označení této jakosti je: Prima, prima plávkové železné plechy k lemování nebo plechy žárové, vhodné na části kotlů, vystavené ohni, vyhovující předpisům bývalých rak. státních drah (značka W), jakož i předpisům Českoslov. státních drah (značka D). Závody ručí za to, že plechy tyto mají ve směru válení i ve směru k němu kolmém pevnost v tahu 33—38 *kg* na 1 mm^2, stažnost 55% a prodloužení 26% při pozorované délce 200 *mm*, ať zkušební tyče jsou vyříznuty směrem válení nebo kolmo k němu. Huti přejímají dále záruku, že plechy této jakosti, kterékoli tloušťky, snesou za studena i za tepla, ve směru válení i napříč, ohyb o 180° kolem trnu s průměrem rovným jednoduché tloušťce plechu a že stejnou zkoušku vydrží i po zakalení.

---

*) Konce tyče na obrazech mají odpovídati plochému průřezu.

Jakost č. 6., označovanou hvězdičkou a vedle ní jedním písmenem K, mívá obyčejný plech k účelům konstrukčním. Obchodně zove se plech takový reservoirovým. Za jeho jakost závod nepřijímá vůbec žádných záruk. Jmenované závody vyrábějí ještě 4 obvyklé druhy ocelového plávkového plechu. Poslední, čtvrté číslo (IV.), označené značkou „Wit." a „FF_1", je ze speciální, velmi tvrdé Martinovy oceli (manganové č. 1.), dobře kalitelné, za jejíž svárnost však závod neručí. Hodí se k různým účelům, na př. na ploché vzpružiny, listy ke kružním pilám na kámen, vrtací nástroje, nože a pod. Obchodně označují se plechy tyto jako velmi tvrdé plechy ocelové. Závody ručí, že mají pevnost v tahu 70—80 *kg* na 1 mm^2, stažnost 12—8% při pozorované délce 100 *mm*, že snesou v obou směrech válení ohyb za studena o 45°, za tepla o 180°, když trn má průměr trojnásobné tloušťky plechu.

III. **Zkoušky opracovatelnosti** (Bearbeitungs-Fähigkeit).

Vzhledem k předcházejícímu druhu zkoušek, mohly by tyto býti nazvány také zkouškami rozpojivosti nebo dělitelnosti. Opracovatelností se rozumí stupeň odporu proti ubírání třísek řezacími nástroji na obráběcích strojích. Snadnější neb obtížnější opracování má vliv na cenu výrobku. Čím je snazší, tím kratší bude doba potřebná k mechanickému opracování a tím nižší i mzda za tuto práci. Je-li litina příliš tvrdá, nože se rychle otupují, nutno je často brousiti, snížiti rychlost řezu i posuvu do záběru; frézy se poškozují vylamováním zubů. Má proto býti volen takový materiál, který by měl sice náležitou pevnost a tvrdost, ale byl ještě dobře opracovatelný.

Opracovatelnost určitého kovu nelze vyjádřiti absolutní hodnotou, nýbrž toliko hodnotou poměrnou k opracovatelnosti jiného kovu. Má-li srovnání býti možné, nutno oba kovy zkoušeti za zcela stejných okolností, tedy týmže nástrojem, stejně ostrým, při stejné řezové rychlosti, stejné tloušťce i šířce třísky atd. Ač opracovatelnost lze vyšetřovati hoblovacím strojem nebo soustruhem, přece se zkouší nejčastěji strojem vrtacím, jehož vrták jest puzen do vrtu stále stejnou silou a točí se stejnou obvodovou rychlostí, takže měřítkem opracovatelnosti může býti hloubka vrtu po určitém čase nebo určitém počtu otáček. Prvý, kdo ke zkoušení upotřebil vrtacího stroje, byl A. Bauer*). Opatřil jej indikátorem, na němž stroj samočinně kreslil ve vodorovném směru hloubku díry, ve svislém počet otáček vrtáku. Dostal diagram s čarami *A*, *B* (obr. X. tab. 37.), jež jsou přímky, když zkoušená látka byla stejnorodá, a vrták se pokusem značněji neotupil. Měřítkem opracovatelnosti jest úhel α, neboli sklon nakreslených přímek; ubývá jí se vzrůstem tohoto úhlu. Poněvadž

*) Chas. A. Bauer, A novel method of testing cast iron for hardness, American Machinist, 1897, str. 245.

při stejných zevnějších poměrech vrták vnikl za 100 otáček do látky *A* pouze 5 *mm*, kdežto do látky *B* 10 *mm*, jest opracovatelnost prvé dvakráte horší než druhé.

Když se na diagramu ukáže čára nerovná nebo porušená, ač se poměry při pokusu nezměnily, t. j. nezměnil se tvar vrtáku, jeho stav, úhel řezu, mazání, vývod třísek, tření v díře, tlak na vrták, rychlost řezu a konečně nebyly změněny ani pružné deformace indikátoru, možno souditi na nestejnorodost zkoušené látky. Látka *C* (obr. XI., tab. 37.) je v místě *a* tvrdší, látka *D* v místě *b* měkčí, látce *E* ubývá tvrdosti do hloubky, kdežto látce *F* jí naopak přibývá. Nemá-li diagramová čára přímého průběhu, měří se úhel α špatně. Proto navrhl E. Heyn za měřítko opracovatelnosti místo úhlu α hloubku, do které vrták vnikne za 100 otáček.

Jelikož, jak byla již učiněna zmínka, lze opracovatelnost vyjádřiti toliko hodnotou poměrnou, postupuje se při vrtacích zkouškách, konaných za stejných okolností tak, že se díra vrtá nejdříve do normálního kovu, s nímž se opracovatelnost porovnává, potom do kovu zkoušeného, aniž by se vrták brousil, načež, aby vyloučen byl vliv jeho otupení, vrtá se ještě jednou do kovu normálního. Poněvadž se nyní získá hodnota poněkud odlišná od prvé, stanoví se aritmetický střed obou, na př. 5·2 *mm* a tento položí = 100, jako opracovatelnost normálního kovu. Má-li díra, vyvrtaná za 100 otáček ve zkoušeném kovu hloubku na př. 3·1 *mm*, bude jeho relativní opracovatelnost

$$O = \frac{100 \,.\, 3{\cdot}1}{5{\cdot}2} = 59{\cdot}6.$$

Velikou potíž způsobuje však získání vždy stejného normálního kovu. Původně byla jím zvolena litina určité tvrdosti. Leč brzy se poznalo, že ji nelze připraviti na různých místech a v různých dobách vždy zcela stejnou, neboť by to bylo dosažitelno jenom při shodném chemickém složení, shodném pochodu tavicím a zcela stejném chladnutí. Z pokusů A. Kessnera plyne, že normálním kovem nemůže býti plávkové železo, rovněž slitiny mědi se nehodí. Také nevyhovuje čistá válená nebo tažená měď, ani kov delta, ani tombak. Zdá se, že nejvhodnější bude měď elektrolytická, vyválená v desky a dokonale vyžíhaná; v dotyčných pokusech se pokračuje.

Ač opracovatelnost závisí nejvíce na tvrdosti, přece není s ní totožna, neboť má na ni vliv také houževnatost. Proto může býti i měkký kov tíže opracovatelný než tvrdý, jak potvrzuje zkušenost. Jeť známo, že na př. hliník, jenž má číslo tvrdosti podle Brinella pouze 38, opracuje se obtížněji než obyčejné plávkové železo s číslem tvrdosti kolem 100. Příčinou je, že tříska křehkého kovu se hned drtí a neklade vrtáku dalšího odporu, kdežto tříska kovu houževnatého se na ostří nástroje sráží, klouže po jeho čele, takže je třeba síly nejen ke vniku nástroje do kovu, ale i k vytlačení, vyvedení třísky.

Že opracovatelnost není totožna s tvrdostí, potvrzuje také obr. XII., tab. 37., na němž znázorněny graficky výsledky mnoha vrtacích zkoušek se slitinami mosazi a olova. V mosazi byl poměr mědi k zinku vždy 2 : 1. Obsah olova slitin udán na vodorovné ose. Tvrdost měřena způsobem Martensovým, t. j. tlakem v *kg*, potřebným k tomu, aby vtlačil ocelovou kuličku 5 *mm* v průměru do hloubky 0·05 *mm*. Vrták měl 10·5 *mm* v průměru, konal 197 otáček v minutě a byl tlačen do vrtu silou 71 *kg*. Z průběhu obou křivek plyne, že opracovatelnost mosazi, t. j. hloubka díry za 100 otáček vrtáku, roste velmi rychle s přibývajícím obsahem olova ve slitině, zejména od 0 do 2% Pb; při 12% Pb je 14 kráte větší než pouhé mosazi. Tvrdost slitin stoupá s přibývajícím obsahem Pb jenom as do 2% Pb, načež pomalu klesá.

Opracovatelnost vrtáním možno zkoušeti buď každým vrtacím strojem, opatří-li se zařízením, jaké udal na př. A. Kessner*), t. j. indikátorovým přístrojem a takovou úpravou vrtacího vřetena, aby mohlo býti zatěžováno stálým tlakem, nebo se zkouší zvláštními zkušebními vrtacími stroji (Härtebohrmaschinen). Takové konstruovali v novější době G. Schlesinger a A. Kessner. Účinné součásti stroje Schlesingerova**) znázorňují obrazy XIII. na tab. 37.

Posuv do vrtu opatřuje závaží *Z*, zavěšené na kruhovém oblouku *h* páky *e*, aby vyvozovalo stále stejný moment a stejný tlak na vrták. Páka *e* sedí volně na hřídeli *p*, se kterým může býti spojena kuželovou třecí spojkou, jejíž jedna půlka, *q*, je na páce *e*, druhá na rohatce *r*, naklínované na hřídeli *p*. Spojka se zapíná ručním kolečkem *f*. Západkou, jež není kreslena, možno zadržeti rohatku a tím i páku *e* v každé poloze. Je-li spojka zasunuta, působí závaží pákou *e* na pastorek *z*, zabírající do ozubené tyče na objímce *c*, a pudí vrták do vrtu. Je-li spojka *q* uvolněna, možno hřídelem *p* otáčeti ručně pákou *g* a vytahovati na př. vrták rychle z díry. V otáčivý pohyb uváděno vřeteno *a* řemenem a stupňovým řemenovým kotoučem *l*, na vřeteni volným, se kterým jej spojuje spojka *j*, zásuvná pákou *i*.

Aby mohl býti diagram opracovatelnosti kreslen samočinně, nutno na indikátor převáděti oba pohyby vřetena, osově postupný, vyvozený závažím, i otáčivý. Rotaci vřetena *a* převádějí ozubená kolečka *x*, *y* na šroub *s* s matkou *n*, která tím dostává pohyb ve směru svislém; počet otáček nanášen tedy na svislici. Tužka, vsazená do matky, kreslí diagram na papíře, objímajícím bubínek *b*. Posuv do vrtu přenáší na bubínek jemný drát, připevněný ke kratšímu, také obloukovitému rameni páky *e*, vedený kladičkami a ovinutý kolem spodku bubínku. Klesá-li závaží, drát bubínkem otáčí, takže axiální posuv vrtáku kreslen vodorovně.

---

*) A. Kessner, Der Indikator zur Bestimmung der Bearbeitungsfähigkeit. Mitteilungen aus dem mechanisch-technologischen Laboratorium der Technischen Hochschule in Berlin. Werkstattstechnik, 1911, str. 39.

**) Stroj této soustavy jest v laboratoři ústavu.

Stavěcím šroubkem *m* lze omeziti hloubku vrtu. Jakmile šroubek narazí na rameno *d*, v němž je vřeteno vrtacího stroje vedeno, přestane závaží na vrták tlačiti. Aby bylo možno zastaviti samočinně i rotaci vřetena, má tyč *k*, připojená k páce *e* a procházející výsuvnou pákou *i*, přestavitelnou narážku, která při pohybu páky *e* dolů otočí páku *i* do spodní polohy a vypne spojení spojky *j* s řemenicí *l*.

Zkoušky se provádějí buď vrtáky plochými nebo častěji šroubovými; velmi dobře se osvědčily, zejména ke zkoušení houževnatých látek, vrtáky lžičkové se dvěma protilehlými, rovnými drážkami.*)

B. **Mechanické zkoušení materiálu.**

Prvé srovnávací pokusy s pevností litiny a kujného železa pocházejí z první čtvrtiny 19. století. Společné zkoušky, inženýra Stephensona, továrníka Fairbairna a prof. Hodginsona, prováděné v letech 1846 až 1849, přivodily, že ke konstrukcím mostovým počalo se užívati kromě litiny i svářkového kujného železa. R. 1852 sestrojil inž. Werder v Norimberce prvý zkušební stroj. Nejstarší soukromá, veřejnosti přístupná stanice na zkoušení materiálu vznikla v Anglii; řídil ji David Kirkaldy, jenž ve svém spisu z r. 1862 vyjádřil čísly pevnost i houževnatost železa. R. 1870 uveřejnil Wöhler výsledky svých klasických pokusů s mnohonásobně opakovaným namáháním. Na podklad vědecký postavil však zkušebnictví teprve Bauschinger, který usiloval již také o jednotnost zkušebních metod. O provedení této úlohy stará se nyní „Mezinárodní svaz pro zkoušení materiálu v technické praksi". V novější době vznikly v průmyslových podnicích i na vysokých školách technických, zejména v Německu, dokonale vyzbrojené stanice na zkoušení materiálu, které přivodily veliký rozvoj zkušebnictví. Stanice na školách přinesly prospěch nejen vědě, ale i školám samým, neboť umožnily také posluchačům, aby nabývali vlastním názorem poznatků o vlastnostech konstrukčního materiálu i celých konstrukcí. V posledních 25 letech byla také literatura tohoto vědního oboru neobyčejně obohacena; k pracím Tetmajerovým, Bachovým a jiných autorů přibyly práce Martensovy, jakož i mnohých jeho spolupracovníků a následovníků.

Jelikož konstrukční materiál může býti namáhán nejen silami klidně působícími, nýbrž i silami účinkujícími rázem, třeba lišiti zkoušky statické od dynamických. Největší význam má pevnost v tahu

*) Další o zkoušení opracovatelnosti viz: Forschungsheft Nr. 208 des Vereines deutscher Ingenieure.

A. Kessner, Die Prüfung der Bearbeitbarkeit der Metalle, Werkstattstechnik, 1920, str. 633 a 1921, str. 376.

při klidném zatížení. Určuje se pokusem za nenáhlého, bezrázového zatěžování.

V dalším nemají býti vyvozovány základní pojmy a rovnice z nauky o pevnosti a pružnosti, nýbrž má býti ukázáno, jakými pomůckami a jakým zařízením se určují hodnoty, v nauce té poznané. A jelikož se určuje nejčastěji pevnost v tahu, bude její stanovení probráno poněkud podrobněji, kdežto o pokusném určování ostatních pevností a vlastností budou učiněny jenom stručné zmínky.

I. Stanovení pevností statických.

1. Pevnost v tahu.

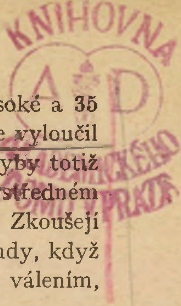
(Tab. 38. a 39.)

K vyšetření pevnosti je třeba strojů, které bývají různě zařízeny. Žádoucí napětí se vyvozuje postupným zatěžováním. Jelikož zkušební stroj může vyvinouti jenom určitý největší tah, nutno dáti materiálu, který se zkouší obyčejně v tyčích, takový průřez, aby mohl býti vůbec přetržen. Proto se nezkouší celá tabule plechu, celý nosník a pod., nýbrž se ze zkoušených předmětů vyjmou pásky nebo tyče, jež se pak zkouškám podrobují. Zkušební tyče se mají vyříznouti řezacími nástroji za studena, aby prací tou nebyla nikterak změněna jejich pevnost; nelze je tedy na př. vyseknouti nebo vystřihnouti za tepla. I v tom případě, když byly vystřiženy za studena, nutno odhoblovati s každé stříhané plochy nejméně 5 *mm*, aby odstraněn byl nepříznivý vliv této práce. Na váleném materiálu třeba rozeznávati zkoušky podél vláken, tedy ve směru válení, a kolmé k nim, poněvadž svářkový materiál dává v prvém případě výsledky značně příznivější než v druhém. Plechy se zkoušejí obyčejně v plochých tyčích, silnější materiál v tyčích oblých, jež se získávají soustružením. Ve zkušební tyče se neupravují dráty, řemeny, lana a pod.*)

Aby se vyloučil vliv různých délek a průměrů zkušebních tyčí na výsledky, které by nebylo možno přímo porovnávati, byly zavedeny normální zkušební tyče (Normalstäbe). Jejich tvar i rozměry udávají obrazy I. a II., tab. 38.

Válcová normální tyč (obr. I.) má průměr 20 *mm*, zkoušenou délku 220 *mm* a délku pozorovanou 200 *mm*. Tyč tohoto průměru přechází na obou koncích nejdříve v kužele 60 *mm* dlouhé, potom ve válcové části 10 *mm* vysoké, 27 nebo 25 *mm* v průměru, a ty konečně za-

*) Podrobné údaje o vyjímání zkušebních tyčí z materiálu a o jejich přípravě viz ve sjednáních „Mezinárodního svazu pro zkoušení materiálu v technické praksi“: Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln, von Holz, von Ton-, Steinzeug- und Zementröhren. Lipsko a Vídeň, 1907.



oblením o poloměru 2 *mm* ve válcové upínací hlavy 25 *mm* vysoké a 35 *mm* silné. Konce zkušebních tyčí jsou kuželovitě sesíleny, aby se vyloučil jejich vliv na prodloužení a pak, aby tyče netrhaly u hlav. Kdyby totiž těchto sesílení nebylo, přetrhla by se tyč při sebe menším výstředném namáhání skoro vždy pod jednou nebo druhou upínací hlavou. Zkoušejí se však i tyče válcové, v celé délce stejného průměru, hlavně tehdy, když nemají býti soustruženy, nýbrž zkoušeny ve stavu, jaký dostaly válením, nebo sesílené na koncích válcovitě s vyříznutým závitem.

Tvar ploché normální tyče (obr. II.) odvozen z tvaru oblé. Její průřez má plochu stejnou, tvar libovolný; jen poměr tloušťky k šířce má býti v mezích od 1 : 1 do 1 : 5 (nejlépe 1 : 3 nebo 1 : 4), jelikož je zvykem, zvláště, když se zkoušejí plechy, ponechati na širších plochách tyče původní povrchy, jak vznikly válením. Proto se vypracuje z plechu tyč takové šířky, aby násobena tloušťkou, dala 314 mm^2, při čemž tloušťka tyče odpovídá tloušťce plechu. Tyč má zase pozorovanou délku 200 *mm* a zkoušenou 220 *mm*, za kterou přechází oblouky o poloměru 35 *mm* v upínací hlavu šířky 47 *mm*. Nakreslená tyč se upíná do stroje zdrsněnými čelistmi. Děje-li se tak svorníky, jsou v rozšířených hlavách tyče ještě náležité otvory (obr. III.).

Není-li možno z jakýchkoli důvodů, na př. z nedostatku zkušebního materiálu, zhotoviti normální tyče, které jsou značně dlouhé, nutno upotřebiti tyčí jiných rozměrů. Chtějí-li se pak obdržeti výsledky porovnávatelné s výsledky, získanými zkoušením tyčí normálních, musí se pro zkoušku připraviti tak zv. tyče poměrné (Proportionalstäbe), jejichž rozměry jsou v témže vzájemném poměru jako na tyčích normálních. Poměry ty jsou zaneseny ve spodních půlkách obrazů I. a II. Může-li býti zhotovena tyč na př. jenom 8 *mm* v průměru, musí býti její pozorovaná délka rovna

$$11{\cdot}3\sqrt{f} = 11{\cdot}3\sqrt{\frac{\pi\, 8^2}{4}} = 80\ mm.$$

Na zkoušenou délku 220 *mm* normální tyče se nanese pozorovaná délka 200 *mm*, její počáteční a koncový bod označí ryskami nebo jemnými důlky, které nesmějí poškoditi pevnost tyče, a rozdělí na 20 dílků po 1 *cm*. Na poměrných tyčích s pozorovanou délkou $11{\cdot}3\sqrt{f}$ je velikost dílků $0{\cdot}565\sqrt{f}$. Je-li délka ta dělitelna deseti, dělí se také na *cm*, jak jsou zařízeny dělicí pomůcky; proto se doporučuje zaokrouhliti vypočítanou pozorovanou délku na celé centimetry. Dělicí body se zase narýsnou nebo označí důlky. Rysky se provádějí podle pravítka *a* (obrazy IV.), na jedné straně zubatého, které se položí na tyč *b*, jak z příčného řezu zřejmo, nebo dělicím přístrojkem; značně rozšířen jest přístroj od firmy Alfred J. Amsler v Schaffhausích. Důlky se vytvářejí buď dvojitým důlčíkem, naznačeným na obr. V., nebo pohodlněji důlčíky *c*, vloženými do dírek v pravítku *d* (obrazy VI.), vzdálených od sebe po 1 *cm*.

Válcové důlčíky jsou v dírkách posuvné. Pravítko se položí krajními hroty na koncové rysky zkoušené tyče a důlky provedou postupně lehkými údery kladívka na jednotlivé důlčíky.

Takto připravená tyč, jejíž průměr byl ve dvou k sobě kolmých směrech přesně změřen a jeho střední velikost zanesena do protokolu, zapne se do zkušebního stroje a souose zatěžuje. Stroj musí býti tak zařízen, aby udával v každém okamžiku velikost zatížení. Dělíme-li zatížení plochou průřezu, dostaneme napětí. Proto, je-li tyč průřezu f (obr. VII.) napínána silou P, vzniká v jedničce plochy jejího průřezu napětí

$$\nu = \frac{P}{f}.$$

V rovnici jest f původní plocha, nikoli plocha zmenšená prodloužením zatížené tyče. Silou P změnila se totiž délka tyče l na l_1, takže se prodloužila o $\Delta l = l_1 - l$ a také poněkud ztenčila. Aby prodloužení mohla býti navzájem porovnávána, vztahují se na jednotku původní délky, takže poměrné prodloužení

$$\lambda = \frac{l_1 - l}{l} \quad \ldots\ldots 1).$$

U některých látek jest v určitých mezích mezi ν a λ vztah, nazvaný Hookovým zákonem a vyjádřený rovnicí

$$\lambda = \text{konstantě} \times \nu = \frac{1}{E}\nu \quad \ldots\ldots 2),$$

ve které značí E modul pružnosti v tahu. Bach užívá místo modulu E jeho převratné hodnoty

$$\frac{1}{E} = \alpha,$$

tak zv. koeficientu prodloužení (Dehnungszahl), který udává prodloužení tyče 1 cm^2 v průřezu a 1 *cm* dlouhé zatížením 1 *kg*, takže pak

$$\lambda = \alpha\nu \quad \ldots\ldots 3).$$

Hookovým zákonem, jenž vyjadřuje, že prodloužení jest úměrné napětí, neřídí se všechny látky; tak roste na př. prodloužení litiny rychleji než napětí a naopak prodloužení kůže pomaleji. Vztah tento platí ovšem toliko pro prodloužení pružná.

Nanášejí-li se hodnoty ν a λ, obdržené postupným zatěžováním, jako pořadnice a úsečky, vedou rovnoběžky s osami a spojí jejich průsečíky, vznikne čára *A* (obrazy VIII. a IX.), znázorňující vztah mezi napětím a poměrným prodloužením. Čára ta má u tvárného materiálu s význačnými mezemi úměrnosti a průtažnosti, tedy na př. u měkkého plávkového železa, průběh patrný ze jmenovaných obrazů. Stejný obraz vznikne, nenanášejí-li se na osy napětí ν a k nim příslušná prodloužení λ, nýbrž

přímo zatížení P a prodloužení $\Delta l = l_1 - l$, jelikož se prvé hodnoty dostávají z těchto dělením konstantami f a l. Když zkušební stroje jsou opatřeny přístroji, jež kreslí čáru A samočinně, pak kreslí vztah mezi zatížením a prodloužením.

Zatíží-li se tyč tak, že v ní vznikne napětí ν_1 (obr. IX., tab. 38.), prodlouží se o λ_1 za současného zmenšení průřezu; zatíží-li se na napětí ν_e, prodlouží se o λ_e a t. d. S počátku, od O do U jest čára, získaná spojením průsečíků a odchylující se zcela málo od svislé, přímkou, t. j. na stejné přírůstky napětí připadají stejné přírůstky prodloužení, neboli, je úměrnost mezi napětím a prodloužením, vyjádřená zákonem Hookovým. Prodloužení tyče jsou tak malá, že lze je pozorovati toliko velmi citlivými měřicími přístroji, na př. zrcátkovými, a jsou až po λ_e pružná, t. j., odlehčí-li se tyč, zkrátí se na původní délku, aniž by v ní zbylo patrnějšího trvalého prodloužení.

Všechny látky nejsou stejně pružné, aniž se pružnost projevuje stejným způsobem; plná se vyskytuje jenom do určitého napětí. Za tímto, u různých látek zase rozličně velikým a nazvaným mezí pružnosti (Elastizitätsgrenze), vzniká v tyči kromě pružného prodloužení i trvalé, a ovšem i trvalé ztenčení. Odlehčí-li se tyč, nevrátí se již do svého původního tvaru. Mezi pružnosti odpovídá bod E; přísluší mu napětí ν_e a prodloužení λ_e.

Ač znalost této meze je pro konstruktéra vlastně nejdůležitější, neboť se nemá nikdy vyskytnouti v konstrukcích, ať jsou jakékoli, namáhání nad mezí pružnosti, které by způsobilo trvalou deformaci, přece se zpravidla zkouškami neurčuje, jelikož jest k nim vždy třeba přístrojů na měření velmi malých délek. Kromě toho jsou značně zdlouhavé a obtížné; nutno totiž k určení meze pružnosti tyč po každém zatížení zase odlehčiti, aby mohlo býti zjištěno prvé patrné trvalé prodloužení,*) jelikož druhá možná cesta, totiž její stanovení z průběhu křivky A, nedává spolehlivého výsledku, neboť bod E není na křivce určitěji vyznačen nějakou výraznější úchylkou nebo ostřejším lomem.

Poněvadž se mez tato často ztotožňuje s mezí úměrnosti nebo leží jen málo níže, přešlo se skoro všeobecně v případech, kdy mají býti stanoveny pružné vlastnosti materiálu, k určování meze úměrnosti místo meze pružnosti, která se také často zaměňuje, zejména v hutnictví, mezí průtažnosti, ovšem neprávem.

Mez úměrnosti (Proportionalitätsgrenze) určí se snáze; třeba jen zvětšovati zatížení tyče o stejné hodnoty a stanoviti přírůstky pro-

*) Poněvadž není materiálu zcela pružného, vznikají maličká trvalá prodloužení při každém napětí. Proto je mezí pružnosti ono napětí, až ke kterému může býti materiál pokládán prakticky ještě za dokonale pružný. Podle zmíněných sjednání „Mezinárodního svazu pro zkoušení materiálů" dosáhne se při zkoušce meze pružnosti, jakmile se zjistí trvalé prodloužení velikosti as 0·001% pozorované délky.

dloužení. Ono napětí, jež přivodí prvý odchylný přírůstek,*) jest mezí úměrnosti *U*. Leží-li mez pružnosti pod ní, má již maličké trvalé prodloužení, jak zřejmo z obr. IX., ve kterém jest *A'* čára *A*, posunutá na levo o největší pružné prodloužení.

Za bodem *U* počíná se čára *A* uchylovati na pravo od směru *O U*; prodloužení přibývá více než napětí, přestala úměrnost, kterou někteří badatelé také zcela popírají. Prodloužení jsou dosud malá, avšak měřitelná náležitě citlivými přístroji. Po odlehčení zmizí pružné prodloužení λ, a v tyči zbývají prodloužení trvalá.

Čára *A* odkloňuje se mírně od směru *O U* až k bodu *T*; napětí bylo stále zvětšováno. Dosáhlo-li velikosti ν_t, počala se tyč v celé délce rychle prodlužovati, takže čára *A* probíhá skoro rovnoběžně s osou úseček, někdy i klesne, po případě za zvlnění, jak naznačeno tečkováním na obr. VIII.; vznikají značná trvalá prodloužení, materiál se vytahuje, byla překročena mez průtažnosti (též průtahu) *T* (Fliessgrenze, Streckgrenze) a třeba delšího času než možno tyč dále zatížiti. Mez tato se neurčuje při každé zkoušce, ač její stanovení není obtížné, zkoušen-li materiál s mezí výraznou, jelikož ji prozradí více úkazů. Stroj sám ji udá tím, že jeho rameno se závažím klesne, je-li hydraulický, pohybuje se ručička manometru nazpět, vzniklá prodloužení možno měřiti obyčejnými měřicími nástroji, až posud hladká lesklá tyč, byla-li osoustružena, ztrácí lesk, s neopracovaných tyčí s váleným povrchem odpryskují okuje, a na vyleštěných se ukáží obrazce Lüdersovy (Fliessfiguren), které vyznačují křížící se vrásky, skloněné pod úhlem 45° k ose tyče; obrazce ty, mající vzhled podkožních žilek, se tvoří na plochých i oblých tyčích. Byla-li dosavadní maličká prodloužení měřena zrcátkovým přístrojem, prozradí se mez průtažnosti tím, že se kříž dalekohledu počne po dělení měřítka rychle pohybovati a toto zmizí ze zorného pole. Jelikož další pozorování přístrojem není možné, sejme se před novým zatěžováním s tyče. Někteří autoři rozlišují kromě vytčené meze průtažnosti, již zovou horní, ještě i spodní mez, ve které čára *A* počíná zase stoupati (Bach).

Obtížněji se určuje mez průtahu takových látek, jejichž pružná prodloužení přecházejí velmi zvolna v trvalá, a těch, u nichž vůbec nelze zjistiti hranici, na které počínají trvalé deformace. Jmenovaný mezinárodní svaz se proto usnesl, že mezí průtažnosti je ono napětí, které způsobí trvalé prodloužení 0·2 až 0·5% pozorované délky.**)

Přestalo-li vytahování, možno tyč dále zatěžovati; zase přibývá

*) Přírůstky prodloužení na přírůstky napětí as po 100 *kg* na 1 cm^2 jsou stejné, dokud se neliší od střední hodnoty předcházejících více než o 0·0005% pozorovaného prodloužení.

**) Státní úřad pro zkoušení materiálu v Německu (Staatliches Materialprüfungsamt), stojící na prvém místě mezi zkušebními ústavy, normoval mez průtažnosti na 0·2% prodloužení a podobně z největší části železniční správy i námořnictvo. Naproti tomu Kruppova laboratoř normovala 0·3%.

prodloužení rychleji než zatížení, takže čára *A* se sklonuje k ose úseček, až nabude s ní konečně směru rovnoběžného. Napětí dosáhlo největší hodnoty ν_p na mezi pevnosti *P*; materiál nesnese dalšího zatížení a tyč se buď na jednom místě zužuje nebo se hned přetrhne. Až po toto největší napětí prodlužovala se zkoušená tyč stejnoměrně v celé délce. Na mezi pevnosti se počne, alespoň u materiálu charakterisovaného průběhem čáry *A*, nakresleným na obr. VIII. (kujné železo, měkká ocel), prodlužovati rychle na jednom místě, které se při klesajícím zatížení zároveň zužuje (obr. XII.). Je proto v tomto případě pevnost ono největší napětí, jaké tyč snese, než se počne zužovati na jednom místě. Zkoušená tyč nepřetrhne se tedy okamžitě po dosažení největšího napětí, odpovídajícího pevnosti, nýbrž až po přemožení houževnatosti materiálu při napětí ν_z, příslušném bodu *Z*. Napětí toto se obyčejně neurčuje, jelikož nemá pro praksi významu. Průběh čáry *A* od *P* do *Z* ukazuje, jak klesá napětí s ubývajícím průřezem.

Zcela jinak probíhá čára *A*, znázorňující vztah mezi napětím a prodloužením, materiálu křehkého, tedy málo tvárného, na př. litiny, naznačená na obr. X. Z jejího průběhu zřejmo, že křehký materiál nemá nijak vyjádřené ani meze úměrnosti ani meze průtažnosti. Přetrhuje se okamžitě bez znatelnějšího prodloužení a zúžení průřezu. Jeho pevností v tahu jest napětí ν_p. Třetí skupina látek, k níž patří na př. měď, chová se při zatěžování podle obrazu XI.; nemá význačné meze průtažnosti.

K posouzení jakosti materiálu a jeho technické používatelnosti přispívá také tvar a vzhled lomu, obdrženého při zkouškách tahem. Charakteristika obojího se zapisuje do zkušebního protokolu. Tvar lomové plochy nezávisí pouze na vlastnostech materiálu, nýbrž i na tvaru zkušební tyče a na způsobu, jakým se zkouška provádí. Největší vliv na ni má tvárnost materiálu. Velmi tvárné kovy, na př. olovo, cín a pod., vytáhnou se před přetržením až ve špičky, takže jejich stažnost dostupuje hodnoty téměř 100%; ploché tyče ze jmenovaných kovů se vytáhnou v ostří. Tyče z tvrdého, křehkého materiálu, na př. skla, tvrzené litiny, nemění velikosti svého průřezu a tedy se také neprodlužují, neztenčují.

Prostředně tvárné látky trhají různě. Některé lomové tvary válcových tyčí znázorňují obrazy XIII. až XVII. Jest z nich zřejmo, že napětí ve zkoušených tyčích nemůže býti rozděleno stejnoměrně. V tyčích ze stejnorodého materiálu jsou největší napětí ve smyku na kuželových plochách, skloněných pod 45°, s vrcholy obrácenými od upínacích hlav ke středu tyče a ležícími v její ose, takže se pronikají, jak naznačeno čárkovaně na obr. XII. Lom probíhá buď zcela podle těchto ploch (obr. XV.), a zove se kuželovitý, nebo jenom částečně, což pak bývá na zevnějšku, kdežto uprostřed jest rovný, jak ukazují obrazy XII. a XIV. Zevnější kuželová plocha může býti celistvá (obr. XIV. a XVI.) nebo porušená (obr. XVII.); vytržené části tvoří kuželový okraj, na druhé části tyče ovšem také přerušovaný. Vnitřní rovná plocha je tím větší a kuželová

okrajová menší (obr. XVI.), čím tvrdší je materiál, čím menší zúžení v seslabeném místě. Nejúplnější lom vznikne, když tyč trhne uprostřed rovně a na zevnějšku podle obojích kuželových ploch, kreslených na obr. XII. plně i tečkovaně. Pak se tyč roztrhne ve dvě části s kuželovým lomem a v kroužek, jak zřejmo z obr. XIII. Uprostřed byla přemožena normální pevnost, v kuželových plochách pevnost ve smyku. Lom počíná vždy uvnitř tyče, nikoli na zevnějšku; jeho tvar na ploché tyči znázorňuje obr. XVIII.

Je-li lomová plocha zdrsněna jemnými kuželovými důlky, zdá se mdlou oproti ploše rovné. Složena-li z drobných lesklých krystalků, bude se lesknouti. Někdy bývá lesklá jenom na okrajích, kdežto ve středu mdlá nebo i tmavá. Často jsou v lomové ploše viditelny nerovnosti, vybíhající paprskovitě z jednoho místa; není-li toto ve středu, bývá v něm zpravidla chyba materiálu. Litina má sloh hrubozrnný, zakalená ocel jemnozrnný až sametový, plávkové železo šupinatý a svářkové vláknitý nebo i lupínkovitý.

Zdelšení tyče, měřené po přetržení, udává se v procentech původní pozorované délky, takže celkové percentuální prodloužení neboli elongace

$$e = 100\,\lambda = 100\,\frac{l_1 - l}{l} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4),$$

ve kteréž rovnici jest, jak plyne z předcházejícího, l původní pozorovaná délka a l_1 délka trvale deformované tyče po přetržení.

Průřez tyče se zmenšil o $f - f_1$, když f jest plocha průřezu zkušební tyče, měřená před zkouškou, a f_1 plocha v nejslabším místě, v němž tyč trhla, měřená po zkoušce. Porovnávatelné poměrné zúžení udává výraz

$$\frac{f - f_1}{f}.$$

V praksi se vyjadřuje zúžení také v procentech, a to původní plochy, takže celkové percentuální zúžení, kontrakce neboli stažnost

$$q = 100\,\frac{f - f_1}{f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5).$$

Délka l_1 zkušební tyče po přetržení se vyšetří obyčejně tak, že se obě její půlky přiloží k sobě přesně dle tržných ploch, aby nezbyla mezi nimi otevřená spára, načež se změří vzdálenost krajních rysek nebo důlků, jež byla na normálních tyčích původně 200 *mm*. Tím jsou v rovnici 4) známy všechny hodnoty a možno z ní velikost celkového percentuálního prodloužení vypočítati.

Jelikož tento způsob měření jest velmi jednoduchý, užívá ho prakse všeobecně, ač dává správné výsledky jenom tehdy, když tyč trhla právě uprostřed své délky, ve kterémž případě dává největší hodnotu. Přetrhla-li

se tyč mimo střed, dá hodnotu menší, a to tím menší, čím je lom blíže jedné nebo druhé hlavy tyče, jelikož části poblíže nich se méně prodlužují.

Proto je přípustno měřiti prodloužení přetržené tyče naznačeným způsobem jenom tehdy, když lom nastal v prostřední třetině pozorované délky; chyby vznikající v jejím rozsahu možno přehlédnouti. Jinak je však tomu, přetrhla-li se tyč mimo jmenovanou třetinu. Pak činila by chyba i několik procent v neprospěch prodloužení a mohla by poškoditi dodavatele, má-li jeho materiál míti určité největší prodloužení. Týž by mohl žádati, aby taková zkouška byla z posudku vyloučena.

Aby bylo možno upotřebiti i těch zkoušek, když tyč trhla v zevnější třetině, měří veřejné i vědecké zkušební ústavy v tomto případě délku přetržené tyče jiným způsobem, kterým se činí výsledek nezávislým na místě lomu. Zakládá se na poznatku, že prodloužení jednotlivých dílků zkušební tyče přibývá souměrně s obou stran k místu přetržení, je-li právě uprostřed délky tyče; měkký materiál bývá v místě tom tak ztenčen, že jest zúžen až o 70%. Proto nestanovila by se délka l_1 přetržené tyče, naznačené na obr. I., tab. 39., změřením vzdálenosti mezi krajními ryskami, nýbrž takto: Změřila by se délka *b* přetrženého dílku, napočítalo na delším kousku tyče od rysky *1* devět dílků, které dají s přetrženým polovinu z dvaceti, na něž byla tyč před zkouškou rozdělena, potom vzdálení rysky *0* od *6* na kratším kousku, tedy hodnota *c*, zahrnující šest dílků a prodloužení nedostávajících se čtyř dílků by se získalo odměřením délky *d* na delším kousku. Délka l_1 je součtem hodnot $a + b + c + d$, které dohromady odpovídají také dvaceti dílkům. Měření prvým způsobem dalo by ve zvoleném příkladě, v němž lom neleží značněji mimo prostřední třetinu, prodloužení as o 2% menší.

Stažnost se vypočte z rovnice 5), vloží-lí se do ní plocha f_1, stanovená změřením nejslabšího průřezu přetržené tyče po pečlivém přiložení lomových ploch k sobě; je-li tyč válcová, vyšetří se nejslabší průřez ze dvou k sobě kolmých průměrů.

Při obyčejných, denně ve velkém počtu prováděných zkouškách, určuje se toliko pevnost v_p v *kg*, prodloužení v % a stažnost v %; při důkladnějších stanoví se i mez průtažnosti. Všechny hodnoty k tomu potřebné lze změřiti obyčejnými měřicími pomůckami.

Má-li však býti prodloužení tyče pozorováno a měřeno hned při zkoušce, třeba k tomu citlivých přístrojů k měření prodloužení (Dehnungsmesser).*) Jsou dvojího druhu: mechanické, k měření celkem hrubšímu, ač některými možno měřiti i tisíciny *mm*, a optické, k měření prodloužení velice malých, zejména pod mezí pružnosti. Příklady obou druhů jsou znázorněny na tab. 39.; mechanické obrazy II. až V., optické obrazy VI. až X.

*) Přístroje, jimiž se určují meze pružnosti a úměrnosti, mají udávati změny délek s přesností 0·0005%.

Mechanický přístroj, naznačený na obr. II., složen v podstatě ze dvou měřítek, a_1, a_2, ležících vedle sebe a vzájemně posuvných, spojených s rámky *A*, *B*, jimiž jsou na zkoušenou tyč upiaty; měřítko a_1 spojeno s rámkem *A*, měřítko a_2 s rámkem *B*. K tyči *t* přiléhající ostří o_1, p_1 rámku *A* a o_2, p_2 rámku *B*, jsou v jedné rovině a k tyči přitlačována vzpružinami *z*. jichž napětí se řídí utažením matek *m* na šroubcích *s*, jak zřejmo ze spodního obrazce.

Aby bylo možno přístrojem pozorovati prodloužení tyče buď v délce 100 nebo 150 *mm*, jest rámek *B* na měřítku a_2 přestavitelný. Náležitá vzdálenost rámku se pojistí zašroubováním šroubku *d* do jednoho ze dvou důlků v měřítku a_2. Měřítko toto má dělení v *mm*, měřítko a_1 nonius, takže prodloužení lze stanoviti na desetinu *mm*. Má-li býti měřeno na setiny, zvětšuje dvouramenná páčka *h* s poměrem ramen 1 : 10, otočná kolem čepu na spodu měřítka a_1, vzájemný posuv měřítek v témže poměru a přenáší jej delším ramenem na nonius *k*, posuvný po měřítku *f*, jehož 1 dílek odpovídá 0·1 dílku měřítka a_2. Čte-li se na měřítku *f* hodnota na př. 5·6, prodloužila se tyč o 0·56 *mm*. Jsou-li rámky ve vzdálenosti 100 *mm*, jest jeden dílek měřítka a_2 setinou pozorované délky, a prodloužení udáno hned v procentech. — K hrubšímu měření stačí jednodušší přístroj, bez měřítka *f* a nonia *k*; takovým lze určovati prodloužení bez odhadu toliko na desetiny *mm*. Nejjednodušší přístroje mají na měřítku a_1 místo nonia pouze rysku.

Dlouhou otočnou ručičkou zvětšují malá prodloužení přístroje, znázorněné obrazy III. a IV. Přístroj Martensův a Kennedyho, obr. IV., složen ze dvou přiložek *p* s oblouky *S*, ze spony *s*, ocelových hranolků *h* a ručiček *r*. Spodní, ohnuté konce přiložek, končí ostřími, která se přiloží diametrálně k rysce *n* na tyči *t*. Vrchní konce, s mírnými prohlubeninami, se opírají o hrany zakalených hranolků *h*, přiložených také diametrálně k tyči, ale tak, aby jejich osy byly vodorovné. Před zkouškou ukazují ručičky *r*, upevněné na osách hranolků, na nulové body stupnice *S*. Prodlouží-li se tyč v délce mezi *m* a *n*, pohybují se vnitřní ostří hranolků vzhůru, a ručičky se sklánějí tím více, čím větší je prodloužení, kdežto délka a poloha přiložek se nemění. Přístroj se hotoví na pozorované délky 100—200 *mm* a ručičky zvětšují prodloužení 25—50kráte; lze tedy, je-li dělení na obloucích v *mm*, určiti prodloužení na 0·04 až 0·02 a odhadnouti na 0·004 až 0·002 *mm*.

Od popsaného přístroje liší se válečkový Bauschingerův (obrazy III.) v podstatě jen tím, že hranolky jsou nahrazeny jemně rýhovanými válečky *v* z tvrzené gumy. Přístroje tohoto se neužívá toliko k měření malého prodloužení, nýbrž i zkrácení, prohnutí a zkroucení; zvětšuje 20—50kráte. Tvar části *A*, ve které jest váleček s ručičkou *r* v hrotech šroubků *s*, s_2 uložen, přizpůsobuje se druhu zkoušky. Úprava, naznačená na obrazech III., odpovídá na př. zkoušce kroucením, úprava na obr. I., tab. 40., zkoušce tlakem. Válečkem pootáčí přiložka *p*.

Přístrojem číselníkovým, naznačeným na obrazech V., tab. 39., lze měřiti prodloužení na tisícinu *mm*. Na jednu z koncových rysek pozorované délky zkoušené tyče se upne svorec G_1 s plochou tyčí *f* a tělesem číselníku *H*, na ní přestavitelným. Na druhou rysku se upevní svorec G_2 se šroubkem *s* tak natočeným, aby se jeho špička opírala o tyčinku *j*, vynikající z tělesa *H*. Podélný posuv tyčinky přenáší nekreslený převod na ručičku *i* číselníku. Aby tyčinka měla vázaný pohyb, je z tělesa vytlačována zpružinou. Je-li přístroj na zkoušenou tyč upiat, stlačí se tyčinka *j* šroubkem *s* v levo tak, až je zpružina náležitě napiata; zároveň se postaví ručička na nulu nebo na celistvé číslo, které se zapíše do protokolu. Prodlužuje-li se při pokusu zkoušená tyč, vzdaluje se šroub *s* od tělesa *H*, a tyčinka *j*, sledujíc jeho pohyb, otáčí ručičkou. Jelikož hlavní číselník jest rozdělen na 200 dílků a 1000 dílků odpovídá prodloužení tyče o 1 *mm*, udává jeden dílek prodloužení o 0·001 *mm*. Jedna otáčka ručičky *i*, tedy 200 dílků, značí prodloužení o 0·2 *mm* a pět otáček 1 *mm*. Celé otáčky udává ručička i_1 malého číselníku; čtvrt obvodu odpovídá pěti úplným otáčkám ručičky *i*, tedy prodloužení o 1 *mm*.

Z optických přístrojů jsou nejrozšířenější zrcátkové (Spiegelapparate), zavedené Bauschingerem; nyní se užívá nejčastěji Martensových, založených na konstrukci Bauschingerově.

Martensův zrcátkový přístroj (obrazy VI. až X., tab. 39.) skládá se podobně jako ručičkový Martensův a Kennedyho ze dvou protilehlých, náležitě tuhých, plochých přiložek *p*, spony *s* a dvou zrcátek s příslušenstvím. Než se na zkoušenou tyč připne, udělá se na ní kruhová ryska *n*; dříve se prováděla na konci pozorované délky, v místě *m*, ještě i druhá. Na normálních tyčích bývá délka, jejíž prodloužení se přístrojem pozoruje, 150 *mm*; může však býti i jiná, a proto patří k němu sada přiložek, na 100, 150 a 200 *mm* pozorované délky. Horní ostří přiložek *p* se přiloží v rysce *n* ke zkoušené tyči tak, aby přiložky ležely diametrálně a byly rovnoběžné s její podélnou osou. Potom se vloží pod mírné prohlubeniny spodních konců přiložek, uprostřed probraných, ocelové čtyřboké hranolky *h*, jejichž účinná ostří musí býti spolu rovnoběžná a velmi pečlivě broušena. Hranolky s celým dalším příslušenstvím, držené v nakreslené poloze jenom tahem spony *s*, vybíhají v osy *o*, o_1 (obr. VI.), z nichž *o* nesou malá čtvercová zrcátka *z*, která se mohou natáčeti nejen kolem vodorovných os zároveň s natáčením hranolků, ale i v čípkách rámků *c* kolem os svislých.

Detail zrcátka jest nakreslen na obr. VII. Na čepu osy *o* může se otáčeti objímka *b* a v žádoucí poloze pojistiti stavěcím šroubkem. S ní tvoří celek rámeček *c* s hroty, ve kterých lze zrcátko *z* natáčeti šroubkem *s*, jenž tlačí na jeho zadní plochu a prochází kratším ramenem příčky *d*, spojené pevně s objímkou *b*. Aby mělo vázaný pohyb, tlačí na ně zpředu jemná vzpružinka *f*, připevněná k delšímu rameni příčky *d* a procházející jeho probráním.

Na osách o_1 jsou závaží q, vyrovnávající váhu zrcátek. Tato mají náležitou svislou polohu, když ručičky r, spojené se závažími q, ukazují na rysku na boční straně příložek (obr. VI.). Osy o upiatých zrcátek jsou vodorovné a spolu rovnoběžné (viz vodorovný řez).

Před každé zrcátko se postaví ve vzdálenosti A do výšky vodorovných os hranolků dalekohled D (obr. VIII.), vedle něho lať S s dělením v *mm* na ploše, obrácené ke zkoušené tyči (obr. IX.), aby obrazy měřítek mohly býti v zrcátkách pozorovány. K tomu třeba zrcátka kolem svislých os šroubky s maličko natočiti. Dalekohledy se postaví tak, aby jejich nitkové kříže rozdělily plochu zrcátek ve 4 stejné části.

Prodlouží-li se tyč t (obr. VIII.) zatížením v délce mezi m a n o Δl, pootočí se hranolky h, a tím i zrcátka z, o úhel α. Paprsek z oka pozorovatele, procházející dalekohledem, odrazí se od vychýleného zrcátka o úhel 2α, a na lati se čte délka a, která jest zvětšeným prodloužením Δl. Jeho skutečnou hodnotu zjistíme, dělíme-li délku a číslem, udávajícím kolikráte přístroj zvětšuje. Zvětšení lze určiti touto úvahou:

Z obrazce X., který je zvětšeným detailem z obr. VIII., plyne

$$\Delta l = v \cdot \sin \alpha,$$

kdež v jest delší osa hranolku h (obr. VIII.) a α úhel, o který se hranolek i se zrcátkem pootočil. Vzdáleno-li měřítko S od zrcátka o A, jest

$$a = A \cdot \operatorname{tg} 2\alpha,$$

a poměr

$$\mathrm{n} = \frac{\Delta l}{a} = \frac{v \cdot \sin \alpha}{A \cdot \operatorname{tg} 2\alpha}.$$

Jelikož úhel α jest vždy malý, možno položiti

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha \quad \text{a} \quad \operatorname{tg} 2\alpha = 2 \operatorname{tg} \alpha,$$

takže pak

$$\mathrm{n} = \frac{\Delta l}{a} = \frac{v}{2A}.$$

Učiní-li se $v = 4$ *mm**) a vzdálenost A (obyčejně $250\,v$) $= 1000$ *mm*, jest

$$\mathrm{n} = \frac{4}{2000} = \frac{1}{500}, \text{ t. j.,}$$

1 *mm* na měřítku odpovídá prodloužení tyče o $\frac{1}{500}$ *mm*. Jelikož dalekohledy dělení na latích zvětšují a mají nitkové kříže, lze ostřejšími odhadovati dobře desetiny *mm*, tedy měřiti prodloužení na $\frac{1}{5000}$ *mm*. Vzdálí-li

*) Ústavní přístroj má $v = 4{\cdot}48$ *mm*; pak je A pro stejné zvětšení 1120 *mm* a měří se laťkou, patřící k přístroji.

se měřítko S od zrcátka více, možno měřiti délky ještě mnohem menší; byly měřeny i jen $\frac{1}{20.000}$ *mm*.

Prodloužení Δl se určuje dvěma zrcátky a dvěma dalekohledy proto, aby mohlo býti stanoveno jako průměrná hodnota dvou čtení a pak, aby byl vyloučen vliv jiných možných pohybů zkoušené tyče v prostoru kromě prodloužení, na př. vliv ohybu, na správnost výsledků; jedním přístrojem nelze poznati, zda se tyč prodlužuje nebo ohýbá.

Popsaná úprava zrcátkového přístroje vyžaduje dvou dalekohledových stojanů, jejich přesného stavení, tedy opakování stejné práce, volného přístupu ze dvou protilehlých stran ke zkušební tyči, a pozorovatel musí přecházeti od jednoho dalekohledu k druhému. Proto se hotoví nyní přístroje tyto tak, že oba dalekohledy jsou vedle sebe, rovnoběžné, ve vzdálenosti zrcátek, na jediném stojanu, ke kterému se připevňují i obě měřítka. Pak musí býti ovšem přední plochy zrcátek obráceny stejným směrem a jedno odráží paprsky nahoru, druhé dolů.

Postaví-li se hranolky h před zkouškou delší osou svého průřezu kolmo k délce tyče, jak kresleno na obr. VIII., jsou ke konci zkoušky značně nakloněny. Aby se zmírnil vliv takového naklonění při rovných měřítkách, staví se hranolky as o polovinu celkového vyklonění šikmo v opačném smyslu, než se budou vykloňovati, takže potom paprsek, kolmý k ose tyče, půlí úhel, vytvořený krajními paprsky. Stavění usnadňují rysky na rozšířených koncích ručiček r.

Jelikož při výpočtu poměru n položen byl $\sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha$ a $\operatorname{tg} 2\alpha = 2 \operatorname{tg}\alpha$, není vyšetřená hodnota přesná. Liší se od skutečné, a to při úhlu $\alpha = 1^0$ o 0·05%, při úhlu $\alpha = 10^0$ o 4·80%. Také bude hodnota a jenom tehdy správná, leží-li přední plocha zrcátka přesně v jeho otočné ose, jíž jest zevnější ostří hranolku. Je-li osa ta blíže k měřítku, budou čtené hodnoty a menší, je-li za správnou osou, budou větší, jak je tomu na př. i na obr. VI. (viz vodorovný řez).

Zrcátkový přístroj Bauschingerův se liší od Martensova v podstatě jenom tím, že místo hranolků h má válečky z tvrzené gumy.

Příklad průběhu zkoušky pevnosti v tahu kujného železa podle protokolárních záznamů, když se měla stanoviti zároveň i mez úměrnosti, nikoli však pružnosti, která by vyžadovala, aby tyč byla poblíže meze po každém zatížení zase odlehčena, jest uveden v číselné tabulce 21.*) Zkoušena byla normální válcová tyč, jež měla, před zkouškou znovu přeměřena, průměr 19·87 *mm* a tedy plochu $f = 310\ mm^2$. Zrcátkový přístroj byl tak postaven, že zvětšoval 500kráte,

*) Příklady s odlehčováním tyčí a stanovením trvalých prodloužení viz v publikacích zkušebního výboru rak. Spolku inženýrův a architektů z r. 1906, jenž konal v létech 1901—1905 podrobné pokusy se železem kladenským a vítkovickým, jakož i v literatuře, udané na konci této stati.

že tedy $n = \frac{1}{500}$; bylo proto možno čísti, když se odhadovaly desetiny, až na $\frac{1}{5000}$ *mm*. Délka tyče, jejíž prodloužení se pozorovalo zrcátkovým přístrojem, tedy vzdálenost rysek *m* a *n*, byla 150 *mm*.

Číselná tabulka 21.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Udání zrcátkového přístroje		Aritmetický střed obou čtení	Přírůstek prodloužení	Prodloužení 1 *cm* pozorované délky	
Zatížení tyče, odečtené na stroji, *P kg*	Napětí $v = \frac{P}{f}$ *kg* na 1 mm^2	Přírůstek napětí v *kg* na 1 mm^2	levý dalekohled $\frac{1}{5000}$ *mm*	pravý dalekohled $\frac{1}{5000}$ *mm*	Δl $\frac{1}{10.000}$ *mm*	Δl $\frac{1}{10.000}$ *mm*	Δl $\frac{}{15}$ *mm*	Poznámky
1000	3·23	3·23	98	125	223	223	0·001	Maličká prodloužení měřena Martensovým zrcátkovým přístrojem.
2000	6·45	3·22	197	251	448	225	0·003	
3000	9·68	3·23	310	362	672	224	0·004	
4000	12·90	3·22	430	468	898	226	0·006	
5000	16·13	3·23	558	564	1122	224	0·008	
6000	19·36	3·23	673	675	1348	226	0·009	
7000	22·58	3·22	785	788	1573	225	0·010	
U— 8000	25·81	3·23	902	901	1803	230	0·012	
9000	29·03	3·22	1037	1031	2068	265	0·014	
T— 9400	30·32	1·29	materiál se vytahuje, měřítka mizí ze zorných polí.					Hrubá prodloužení měřena milimetrovým měřítkem.
10000	32·26	1·94	3·0 *mm*		—	—	0·200	
11000	35·48	3·22	8·3 *mm*		—	—	0·553	
12000	38·71	3·23	12·0 *mm*		—	—	0·800	
13000	41·94	3·23	18·7 *mm*		—	—	1·246	
P— 13900	44·84	2·90	27·8 *mm*		—	—	1·853	

Ze sloupce 7. tabulky patrno, že až do 7000 *kg* stejným přírůstkům zatížení po 1000 *kg* odpovídají také skoro stejné přírůstky prodloužení. Odchylky pocházejí od chyb, vzniklých odhadováním desetin dílků na měřítkách. Prvně se přírůstek prodloužení odchýlil při zatížení 8000 *kg*. Z toho následuje, že mez úměrnosti leží mezi zatížením 7000 a 8000 *kg*, neboli mezi napětím 22·58 a 25·81 *kg* na 1 mm^2. Vezme-li se střed mezi těmito dvěma hodnotami, možno říci o zkoušeném železe, že má mez úměrnosti při napětí 24·0 *kg* na 1 mm^2.

Při zatížení 9400 *kg* se počal materiál v celé délce rychle prodlužovati; má tedy mez průtažnosti při napětí 30·32 *kg* na 1 mm^2. Poněvadž největší zatížení, které tyč snesla, než se zúžila na jednom místě, bylo 13.900 *kg*, je pevnost zkoušeného železa 44·84 *kg* na 1 mm^2.

Po přetržení měla složená tyč mezi krajními značkami délku 251 *mm*; je tedy celkové percentuální prodloužení neboli elongace zkoušeného materiálu podle rovnice 4)

$$e = 100 \frac{l_1 - l}{l} = 100 \frac{251 - 200}{200} = 25{\cdot}5\,\%.$$

Nejmenší průměr v místě přetržení byl 14·2 *mm*. Plocha průřezu toho je 158 mm^2 a celkové percentuální zúžení, kontrakce neboli stažnost podle rovnice 5)

$$q = 100 \frac{f - f_1}{f} = 100 \frac{310 - 158}{310} = 49{\cdot}0\,\%.$$

Má-li se určiti koeficient prodloužení α, který podle rovnice 3) jest poměrem $\frac{\lambda}{\nu}$, třeba stanoviti aritmetický střed prvých sedmi stejných přírůstků prodloužení na zatížení vždy o 1000 *kg* větší (sloupec 7.). Střed ten je

$$\frac{(223 + 225 + 224 + 226 + 224 + 226 + 225) : 7}{10.000} = \frac{224{\cdot}7}{10.000}\ mm,$$

neboli

$$\frac{224{\cdot}7}{100.000}\ cm,$$

jelikož se modul vztahuje obvykle na *cm*.

Pak jest podle rovnice 1) poměrné prodloužení, vztažené k délce 15 *cm* zkušební tyče, jejíž prodloužení bylo zrcátkovým přístrojem pozorováno, neboli prodloužení na 1 *cm*

$$\lambda = \frac{l_1 - l}{l} = \frac{224{\cdot}7}{100.000} \cdot \frac{1}{15}.$$

Jelikož střední hodnota příslušných sedmi přírůstků napětí (sloupec 2.), vypočítaná podobně jako střední hodnota přírůstku prodloužení, jest 3·226 *kg* na 1 mm^2, neboli 322·6 *kg* na 1 cm^2, bude

$$\alpha = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{224{\cdot}7}{100.000} \cdot \frac{1}{15} \cdot \frac{1}{322{\cdot}6} = \frac{1}{2,153.540}$$

a modul pružnosti $= \frac{1}{\alpha} = 2,153.540.$

Diagram znázorněný obrazy VIII., X. a XI., tab. 38., zove se pracovním (Arbeitsdiagramm), neboť představuje svou plochou,

omezenou čarou *A*, pořadnicí bodu *Z* a vodorovnou osou, mechanickou práci, potřebnou k přetržení materiálu, nebo i jeho pracovní kapacitu (Arbeitsvermögen). Odpovídajíť napětí silám, které působí na jedničku průřezu, a prodloužení lineárným pohybům těchto jednotek, pročež součin obou musí značiti práci. Velikost pracovní kapacity určí se buď planimetrováním nebo výpočtem.

Poměr plochy diagramu k ploše opsaného čtyřúhelníku rozměrů ν_p a λ_s sluje stupněm úplnosti (Völligkeitsgrad) a je u stejných druhů železa skoro stálý; u plávkového má na př. hodnotu 0·89—0·93. Je-li znám, možno vypočítati pracovní kapacitu materiálu i tehdy, když se diagram nerýsuje, násobí-li se součinem pevnosti a prodloužení materiálu na mezi přetržení (λ_s).

Pracovní kapacita je dobrým měřítkem jakosti materiálu. Tato nezávisí jenom na pevnosti, ale i na houževnatosti, jejíž měrou může býti buď celkové percentuální prodloužení nebo celkové percentuální zúžení. Aby vlastnosti materiálu mohly býti číselně ještě dokonaleji vyjádřeny než poznanými hodnotami, zavedena byla i tak zv. jakostní čísla (Qualitätszahl, Qualitätswert). Nejstarším jest Wöhlerovo, navržené již r. 1870, které je součtem pevnosti v *kg* a stažnosti v %. Železo, jehož zkouška byla v předcházejícím sledována, mělo by tedy jakost, vyjádřenou číslem 44·84 + 49·0 = 93·84. Jiné jakostní číslo navrhl Tetmajer; jest součinem pevnosti v *kg* a prodloužení v %, takže by sledované železo mělo jakost 44·84 × 25·5 = 1143·4. Bedlivějším rozborem se shledá, že ani těmito čísly nebylo vytčeného účelu dosaženo.

Pro číselné vyjádření houževnatosti není ustáleného měřítka. Houževnatým je materiál, má-li při poměrně veliké pevnosti i velkou tvárnost, a křehkým, když se zlomí při poměrně malé změně tvaru. Jelikož nebylo lze za měřítko houževnatosti přijmouti rozdíl pevnosti a meze průtažnosti, doporučováno za ně celkové trvalé prodloužení. Martens měří houževnatost stažností. Podle téhož autora dává výsledky, se skutečností se dobře shodující, návrh Reiserův, aby byla vyjadřována hodnotou H, vypočítanou z rovnice

$$H = \frac{\nu_p}{\nu_t} \cdot \frac{e}{100}.$$

Aby mohla býti stanovena pevnost materiálu za tepla, jemuž je mnohdy vystaven (na př. kotlové plechy, přehřívače páry, součásti kotlové garnitury, ventily výbušných motorů a j.), nutno jej zkoušeti ohřátý. Původně se ohříval lázní topenou svítiplynem, nyní se ohřívá pohodlněji v odporových elektrických pecích, objímajících zkušební tyč, upiatou na stroji. Tyč, jejíž prodloužení má býti měřitelné, musí se ohřívati na žádoucí teplotu v celé délce stejnoměrně a trvale. Kdyby ji mohl kyslík vzduchu okysličovati, nutno vzduch vytlačiti neutrálním plynem.

Má-li se zkoušeti vliv žíhání a kalení, třeba zkoušený materiál také ohřáti, ale zkouší se studený, po vychladnutí. K ohřevu se osvědčily dobře peci vložkové neboli pouzdrové,*) topené svítiplynem, smíšeným s napiatým vzduchem, ve kterých se ohřívaný materiál nestýká se zplodinami hoření, jelikož jest uzavřen v šamotové vložce, kterou lze ještě evakuovati, nebo kterou může prouditi čistý, ohřátý dusík, aby byl z ní vytlačen kyslík. Teplota ohřívaného kovu se měří tepelnými články, jejichž dráty procházejí stěnou peci. Předmět vychladne buď pozvolna zároveň s pecí, nebo rychleji vháněným studeným vzduchem.

2. Pevnost v tlaku.

(Tab. 40.)

Materiál jest namáhán tlakem, když se zevnější síly snaží jej zkrátiti a zároveň zvětšiti jeho průřez. Jelikož se tento způsob namáhání liší od namáhání tahem jenom opačně působícími silami, platí o něm všechny základní pojmy, jakož i rovnice platné pro namáhání tahem, a netřeba je proto opakovati. Mezi průtažnosti odpovídá mez stlačitelnosti (Quetschgrenze).

Tvar zkušebního tělesa k určení pevnosti v tlaku má ještě větší důležitost než při stanovení pevnosti v tahu. Těleso musí míti zcela rovné a spolu přesně rovnoběžné plochy, aby bylo zajištěno stejnoměrné rozdělení tlaku na celý průřez, což způsobuje jisté potíže. Dále musí býti vyloučeno namáhání na pevnost vzpěrnou; proto nesmí délka tělesa překročiti jistý poměr k průřezu. Mají-li zkušební tělesa z téhož materiálu míti stejnou pevnost, musí býti geometricky podobna, aby se geometricky podobně deformovala.

Obvyklým tvarem zkušebních těles pro tlakové zkoušky jest krychle, o níž platí vztah $\frac{\sqrt{f}}{l} = 1$, když f jest její průřez a l délka. Všechna zkušební tělesa i jiného tvaru (často válcového), vyhovujícího této podmínce, budou míti stejnou pevnost. Je-li poměr $\frac{\sqrt{f}}{l}$ menší než 1, hrozí nebezpečí, že materiál bude namáhán na pevnost vzpěrnou. Když je přece nezbytno, voliti poměr ten menší, jako na př. pro určování meze úměrnosti a pružnosti, kdy lze jíti až na $\frac{1}{4}$, nutno zkušební tělesa upínati s obzvláštní pečlivostí.

I účinné části stroje, působící na zkoušený materiál, mají býti rovné, rovnoběžné, neboť by nedoléhaly v celé ploše, silné, dokonale vedené, aby se neprohýbaly a zejména bočně nevychylovaly. K lepšímu zajištění stejnoměrného namáhání zkoušeného materiálu dává se účinným částem stroje působiti prostřednictvím tlakových desek *d* (obr. I., tab. 40.), s nimiž se stýkají v kulových, přesně opracovaných, mazaných

*) Pec taková jest v kalírně mechanických dílen ústavu.

plochách, aby se desky mohly natočiti a dolehnouti plnými rovinami. Má-li stroj pouze jednu tlakovou desku, pak má býti na svislých strojích nahoře, na vodorovných na pevné účinné části stroje. Zkušební těleso třeba vložiti do stroje vždy souose, aby se jeho osa shodovala s osou stroje. Uložení takové usnadňují soustředné čtverce, narýsnuté na účinných plochách tlakových desek.

Tvar lomu závisí na vlastnostech materiálu, zejména na jeho houževnatosti nebo křehkosti. Křehké látky, kámen, sur. železo, beton a pod., se rozdrtí. Z bočních ploch kostek se oddělí nejdříve části *m* (obr. II.), uprostřed nejsilnější, na okrajích nejslabší, z válců celý kroužek stejného průřezu. Odstraní-li se tyto části, skládá se zbytek látky v prvém případě ze dvou jehlanů, v druhém ze dvou kuželů, obrácených vrcholy k sobě. Lomové plochy mají sklon asi 45^0. Tvárné látky, na př. kujné železo, měď, olovo a pod., deformují se soudkovitě (obrazy III.), při čemž se velikosti čelních ploch *a b* a *c d* vlivem vyvozeného tření skoro nezmění. Plávkový materiál snese deformaci, naznačenou na obr. III. zcela dobře, svářkový trhá od shora dolů.

Stejnorodé látky mají pevnost ve všech směrech stejnou, kdežto nestejnorodých, zejména vrstevnatých, se liší. K těm patří i dřevo, složené z podélných vláken nestejné velikosti a hustoty, jehož pevnost v tlaku směrem vláken je zcela jiná než pevnost ve směru kolmém. Kostky z borového dřeva, 80 *mm* ve straně, jež mělo vlhkost 15%, snesly rovnoběžně s vlákny 3·27 *kg*, kdežto kolmo k nim pouze 0·19 *kg* na 1 mm^2. Pevnosti dřev, která nemají tak velikých rozdílů mezi jarními a podzimními částmi let, se tolik neliší. Dubové dřevo s 12% vlhkostí, jež mělo rovnoběžně s vlákny pevnost 5·05 *kg*, sneslo ve směru kolmém 0·82 *kg*; ještě menší rozdíly mají dřeva tropická. Budiž ještě připojeno, že pevnost dřeva v tlaku klesá s přibývající vlhkostí; mělo-li borové dřevo vlhkost pouze 1%, sneslo rovnoběžně s vlákny 6·68 *kg*, mělo-li vlhkost 15%, 3·27 *kg* a byla-li jeho vlhkost 93%, pouze 1·62 *kg* na 1 mm^2.

3. **Pevnost v ohybu.**

(Tab. 40.)

Zkouškou se určuje obyčejně odpor zkušební tyče, konstrukční součásti, po případě i celé konstrukce proti klidnému, osamělému zatížení uprostřed rozpětí až po mez pružného ohybu, jakož i ohebnost při zatížení přes tuto mez. K určování pevnosti litiny předpisuje Mezinárodní svaz pro zkoušení materiálu tyče čtvercového průřezu, 30 *mm* ve straně, a vzdálenost podpor 1 *m*, aby výsledky byly srovnávatelné. Tento poměr výšky průřezu ke vzdálení podpor, vyjádřený hodnotou 1 : 33·3, má se zachovávati i při každém jiném materiálu.*)

*) Zkoušejí se často také tyče kruhového průřezu, 30 *mm* v průměru, 650 *mm* dlouhé, při vzdálenosti podpor 600 *mm*.

Zkoušky se provádějí nejčastěji na zkušebních strojích k určování pevnosti v tahu, po namontování určitých pomůcek, a jenom řidčeji na zvláštních ohýbacích strojích. Zkušební tyč se ukládá na dvě otočné kladičky (viz obr. II., tab. 47., na němž jest *m* zkušební tyč), které nekladou průhybu tyče značnějšího odporu třením. Podpora ostřími byla by sice správnější, ale tato se do materiálu zamačkávají a vzniklé vruby jeho pohyblivost znemožňují. Aby zkušební tyč ležela na podpoře plně i tehdy, je-li zborcením poněkud zkroucena, provádějí se podpory také podle obrazů V., tab. 40. Tyč leží naválečkách *v*, jež se mohou pootáčeti kolem osy rovnoběžné s tyčí, a ty na válečkách v_1, uložených v přestavitelných stojáncích *s* a sklánějících se podle ohybu zkoušené tyče; zpružiny *z* zamezují vyskočení válečků v_1 z loží. Ohýbací síla, jejíž velikost udává stroj, působí nejčastěji uprostřed. Průhyb, jímž se rozumí cesta, kterou vykonal střed tyče, měří se nejčastěji Bauschingerovými válečkovými přístroji (obrazy III., tab. 39.), při určování pružných vlastností také přístroji zrcátkovými.

Nanášejí-li se při zkoušce průhyby jako úsečky a napětí jako pořadnice, vedou rovnoběžky a spojí jejich průsečíky, vznikne podobná čára jako při stanovení pevnosti v tahu. Platí-li pro zkoušený materiál zákon Hookův, bude čára ta míti průběh naznačený na obr. IV. Průhyby až po napětí ν_u jsou úměrné zevnější síle, takže napětí ν_u je mezí úměrnosti. Od bodu *U* uchyluje se čára k ose úseček, aby s ní byla při *T* skoro rovnoběžná, načež stoupá až po *P*. Napětí ν_t odpovídá mezi průtažnosti, nazývané při namáhání ohybem mezí ohybu (Biegegrenze), a ν_p mezi pevnosti v ohybu. Meze úměrnosti a průtažnosti v ohybu se dosáhnou, když napětí krajních vláken tahem nebo tlakem dostoupí těchto mezí; také nevystupují v diagramech stejně výrazně.

Mez pevnosti v ohybu lze určiti jenom na takových látkách, které mají jakousi křehkost, aby se zvětšovaným ohybem konečně zlomily, a není určitelná na látkách tak tvárných, že se zkušební tyč ohne o 180°, aniž by praskla. Měřítkem jakosti těchto látek jest napětí na mezi průtažnosti. Má-li býti stanovena jenom pevnost v ohybu, odečte se na stroji pouze velikost síly, jíž bylo třeba ke zlomení tyče. Složitější bude zkouška, má-li se vyšetřiti kromě pevnosti i prohnutí při různě velikých zatíženích, neboť pak vyžaduje ještě měřicích pomůcek, o nichž byla již učiněna zmínka.

4. Pevnost vzpěrná.

(Tab. 40.)

Jak známo, závisí pevnost vzpěrná na způsobu upětí. Zkouškami se vyšetřuje nejčastěji pevnost při volném, kloubovém uložení konců a při uložení pevném. Rozumí se, že zkoušené těleso musí býti na stroji právě tak upiato. Příklad upětí pro prvý způsob namáhání naznačuje

obr. VI. K čelům zkušebního tělesa t přiloženy jsou litinové nebo ocelové desky h_1, h_2, které se opírají ocelovými kuličkami k_1, k_2 o účinné části stroje. Zkoušen-li dlouhý předmět na vodorovném stroji, vyvažuje se, aby jeho váha nepřispívala k prohnutí v jednom směru. Jeden způsob udává obr. VII.; váhu předmětu, zachycenou na čtyřech místech táhly 3, vyrovnávají dvě závaží z.

Podle rovnic Eulerových, jichž platnost potvrdily pokusy Bauschingerovy i Tetmajerovy, stačí znáti k určení koeficientu prodloužení moment setrvačnosti a sílu P; prvý se vypočítá, tuto udá stroj.

5. Pevnost ve střihu.

(Tab. 40.)

Pevnost kovů ve střihu se zkouší obyčejně přestřižením zkušební tyče ve dvou rovnoběžných plochách. Z kovu vysoustružený svorník p (obr. VIII.) zastrčí se do ocelových, zakalených vložek a_1, a_2, b, ústrojí upínacího, načež se dá působiti na vložku b síle P a na vložky a_1, a_2 silám $\frac{P}{2}$ v opačném směru, až se svorník na stycích vložek přestřihne. Svorník má vcházeti do vložek těsně, aby na něj působily síly stejnoměrně rozloženy, a vložky mají k sobě dobře přiléhati, aby vyloučeno bylo namáhání ohybem. Je-li f plocha průřezu a k přestřižení bylo třeba síly P, má materiál pevnost

$$\frac{P}{2f}.$$

Výhodnou okolností při této zkoušce je, že se přestřihují válcové zkušební tyče, jaké se snadno hotoví i upínají. Důležito je znáti tuto pevnost pro materiál nýtový a konstruktéru při navrhování strojních nůžek. Zkoušky se provádějí obyčejně na strojích ke zkoušení pevnosti v tahu, když se místo normálních upínacích čelistí vloží do stroje čelisti, přizpůsobené zkoušce, jaké jsou nakresleny na obr. IV., diagr. č. 25.

6. Pevnost v kroucení.

(Tab. 40. a 41.)

Zkušební tyč t (obr. IX., tab. 40.) se čtverhrannými hlavami h zapne se do stroje bez dalších upínacích pomůcek, jak nakresleno na jejím spodním konci, když hlavy mají stejnou velikost jako probrání v účinných částech stroje, nebo třeba ještě vložek r, jsou-li hlavy menší, jak naznačeno na vrchním konci. Čtverhranný tvar hlav hodí se pro tyče lité, na nichž se hlavy hned nalijí. Válcové tyče bez hlav se upínají zdrsněnými klíny k, k_1 (obr. X.), vloženými do upínacích čelistí stroje tak, aby tím více svíraly, čím větší je zkrucující síla. Jelikož klíny brání deformaci zkrucované tyče, láme se tato vždy přímo u nich. Proto jsou správnější

zkušební tyče se sesílenými hlavami i sesílenými přechody k nim, tedy tvaru, jaký mají normální tyče pro zkoušky tahem; příprava jejich jest ovšem mnohem zdlouhavější a nákladnější.

Na obr. XI., tab. 40., znázorněn schematicky stroj k určování pevnosti v kroucení. Skládá se z rámu R, ústrojí zkrucujícího na pravé straně a měřicího na levé. Zkušební tyč t zapiata do upínacích hlav h_1, h_2 obou ústrojí, jež mají čtverhranné prohlubeniny. Zkrucovati možno ručně klikou, nasazenou na osu řemenového kotouče k_2, nebo tímto mechanicky. V obou případech převáděn rotační pohyb čelními ozubenými koly k_3, k_4 na šroub k_5, šroubové kolo k_6 a vřeteno, nesoucí hlavu h_2 a uložené ve stojánku s_2. Klikou g se natáčí šroubové kolo k_6 při vkládání zkušební tyče do stroje. Celé otáčky vřetena počítá počitadlo p, zlomky udává ryska na hlavě h_2 a dělení na pevném bubínku o (viz též detail na spodku obrazce).

Upínací hlava h_1 tvoří celek s tyčí a, vedenou v ložiskách stojánku s_1 a ozubenou pod pastorkem n. Tyč tu objímá dlouhý náboj páky P, Z, spojený s ní perem a drážkou, takže se může sice axiálně posouvati, ale nikoli volně otáčeti. Její axiální posuv, nutný k tomu, aby zkušební tyč mohla býti do stroje vložena, opatřuje klička r a pastorek n. Uvedeno-li vřeteno s hlavou h_2 do rotačního pohybu, bude se tyč zkrucovati a páka P se závažím Z vychylovati ze svislé polohy tím více, čím větší bude zkrucující síla a odpor materiálu. Měrou zkrucující síly je velikost výklonu páky, již udává ukazatel i na dělení bubínku s. Jelikož se zkušební tyč zkrucováním zároveň zkracuje, není stojánek s_1 pevný, nýbrž leží na válečkách v, aby mohl tyč sledovati.

Úhel zkroucení se měří buď ručičkami nebo jemnějšími přístroji. V prvém případě se upnou na zkušební tyč ve vzdálenosti l (obr. XII., tab. 40.) dva kroužky, k_1 s pevnou ručičkou, k s dělením. Před zkouškou ukazuje ručička na nulu. Jakmile se tyč počne zkrucovati, otáčí se objímka s dělením pod ručičkou; velikost pootočení lze na dělení přímo čísti. Zařízením tímto možno určovati toliko větší zkroucení, nikoli však úhly tak malé, jaké přicházejí, mají-li se měřiti pružné vlastnosti materiálu, nebo, má-li býti stanoven koeficient kroucení. Pak třeba přístrojů citlivějších, dalekohledů nebo zrcátkových přístrojů.

Bauschinger užil dvou dalekohledů, umístěných nad konci pozorované délky na dvojdílných objímkách k, a dvou rovných měřítek L (obr. I., tab. 41.), která stavěl do vzdálenosti 3 m od osy tyče; objímky se středí s tyčí T šroubky s. Zkroutí-li se tyč o úhel α, otočí se o stejný úhel i dalekohled D — z polohy plně kreslené do tečkované — a na měřítku L odečte hodnota d', ze které lze velikost úhlu zkroucení stanoviti. Je-li úhel ten malý, jest

$$\operatorname{tg}\alpha \doteq \alpha = \frac{d'}{3000}\,.$$

Bližším přihlédnutím se pozná, že hodnota *d'* neodpovídá přesně úhlu α, jíž je hodnota *d*, jelikož dalekohled není umístěn v ose tyče, nepootočí se pouze jako tato, nýbrž pohybuje v oblouku, jehož poloměr se rovná vzdálenosti osy dalekohledu od středu zkušební tyče.

Poněvadž dalekohledy jsou těžké, lze jich užíti jenom tehdy, zkoušejí-li se silné tyče. Pohodlnější a pro slabé tyče vhodnější jest úprava Martensova, jenž nahradil dalekohledy lehkými zrcátky *Z* (obr. II., tab. 41.), upevněnými na objímkách *k*, a rovná měřítka kruhovými *M*. I toto zařízení hodí se pouze k měření malých úhlů, jelikož ze stejné příčiny jako v předcházející úpravě, nečtou se správné hodnoty $a + a$, nýbrž menší $a' + a'$, když se tyč zkroutila o úhel φ.

Obrazy III., tab. 41., ukazují zkroucené tyče z tvárného materiálu čtvercového a plochého průřezu. Nanášejí-li se počty zákrutů na 100 *mm* délky tyče jako úsečky a kroutící momenty jako pořadnice, dostane se křivka, nakreslená na obr. IV., tab. 41.; porucha odpovídá mezi průtažnosti.

7. Vliv rychlosti zatěžování na výsledky zkoušek.

Jak poznáno, materiál se při zkoušce deformuje. Má-li býti dosaženo stejně veliké deformace v kratším čase, je třeba větší síly, tedy většího napětí ve zkušební tyči. Proto bude vyšetřovaná pevnost záviseti všeobecně na rychlosti, jakou se zkouška provádí, neboli na rychlosti deformační. Vliv této rychlosti není však u všech kovů stejný. U železa a oceli jest sotva přesně zjistitelný, neboť leží pravděpodobně v mezích pozorovacích chyb, takže je celkem lhostejno, trvá-li při zkoušce pevnosti v tahu zatěžování až k přetržení tyče 2 nebo 10 minut. Chce-li se tento vliv zjistiti, třeba zkoušeti zcela stejnorodý materiál velmi pomalu a velmi rychle. Velice rychlého zatěžování lze dosíci jenom na strojích s hydraulickým napínáním a měřením síly. Pak se však do výsledku dostává zrychlení pohybujících se hmot stroje i manometru, takže o rozdílech, jež se ukáží, nelze říci, jsou-li způsobeny rychlostí zkoušky nebo zrychlením hmot zkušebního stroje.

V novější době uveřejnili Bach a Baumann výsledky zkoušek plávkového materiálu tahem, podle kterých mělo železo, zkoušené 19 vteřin, pevnost 40·04 *kg*, bylo-li zkoušeno $2\frac{1}{2}$ minuty 39·29 *kg* a trvala-li zkouška 22 minut 38·55 *kg* na 1 mm^2, a ocel, zkoušená 17 vteřin, měla pevnost 56·18 *kg*, zkoušená $2\frac{1}{2}$ minuty 55·08 *kg* a zkoušená 23 minut 53·35 *kg*. Podle těchto výsledků byl by vliv rychlosti značně větší než $1—1\frac{1}{2}\%$, na kterouž hodnotu jej odhadoval Martens.

Na měď a bronz nemá rychlost postupu zkoušky v obyčejné teplotě nápadnějšího vlivu, ale velice značný v teplotách vyšších. V těchto se lišila pevnost mědi v tahu podle toho, byla-li určena v málo minutách nebo v několika hodinách, o více než 100%. Velice zvolna postupující zkoušky za tepla ukázaly, že zkoušky, provedené obvyklou

rychlostí, mohou dáti výsledky zcela nesprávné, nebo takové, že pro konstruktéra nemají ceny, jelikož ten musí počítati s namáháním, působícím trvale, a znáti pevnost materiálu v poměrech, v jakých jest užíván (na př. plechu na lokomotivní topeniště). Ke vzbuzení určitější představy budiž uvedeno, že z měděné tyče, která měla při 20^0 pevnost v tahu 23·70 *kg* na 1 *mm*^{2}, byly zhotoveny dvě tyče, zcela stejné, 10 *mm* v průměru, ohřáty na 317^0 a zkoušeny. Tyč zatěžovaná tak rychle, že zatížení na mezi pevnosti bylo dosaženo ve 2 minutách, snesla 15·80 *kg*, kdežto druhá, zatěžovaná 2 hodiny, vydržela pouze 8·20 *kg*. I lomové plochy těchto tyčí se vlivem trvání zkoušky zcela lišily.

Na zkoušky zinku, cínu, hliníku má deformační rychlost veliký vliv. Čím rychleji zkoušky postupují, tím větší pevnosti se dostanou. Určuje-li se pevnost v tahu pásků, nařezaných z téže tabule zinkového plechu, rozličnými rychlostmi, mohou se výsledky lišiti až o 100%. Totéž platí o cínu. Jest zřejmo, že údaj pevnosti těchto kovů bez údaje deformační rychlosti nemá ceny. Také pevnost kůže v tahu závisí na trvání zkoušky. Kůže, která snesla při zkoušce, trvající 1 hodinu 26 minut, 3·01 *kg* na 1 *mm*^{2}, vydržela při zkoušce, trvající 166 dnů, pouze 2·00 *kg*.

Z uvedeného plyne, že obvyklé rychlosti zkoušek ve všech případech nevyhovují, ale není myslitelno, aby se zkoušky protahovaly na dlouhé doby, jelikož by se velmi ztížily a zdražily. Naopak možno rychlosti ponechati a pojistiti se při konstruování větší bezpečností, volenou právě na podkladě zkušeností, nabytých při zkouškách.

II. **Určování pevností dynamických.**

Ve stati I. bylo naznačeno, jak se vyšetřuje zkouškami pevnost materiálu klidným zatěžováním, čili, jak se stanoví jeho pevnost statická, která se vyjadřuje největším napětím, vyvolaným zevnějšími silami, než se přetrhne nebo zlomí. Konstrukční materiál bývá však často namáhán také rázem, takže musí vzdorovati nárazovou pevností neboli dynamickou, která se vyjadřuje na rozdíl od pevnosti statické prací, jaké je třeba, aby byl zlomen.

Jest známo, že některé látky, ač mají velikou statickou pevnost, nesnesou ani poměrně slabých rázů. Poněvadž se ve strojním provozu vyskytují zřídka kdy namáhání čistě statická, je důležito znáti, jak se bude chovati konstrukční materiál, namáhaný dynamicky. Neporušené kolejnice lze na př. ohnouti namáháním statickým až jejich konce k sobě skoro dolehnou, tedy o 180^0, kdežto namáhány dynamicky, značnějších ohybů nesnesou. Proto se zkoušejí odedávna rázy nejen kolejnice, ale i nápravy a okolky železničních kol. Příčinou, proč týž materiál se chová tak různě, je krátká doba, po jakou ráz působí a ve které se mají uskutečniti všechny deformace. Poněvadž doba ta je často jen zlomkem vteřiny, nemají vlákna ani možnosti, aby své polohy změnila.

Teplota má na nárazovou pevnost mnohem větší vliv než na pevnost statickou. Mění-li se pevnost železa v tahu nebo ohybu v tepelném rozsahu od + 20° do — 20° jen málo, klesá dynamická pevnost některých kovů ubýváním teploty velice rychle, na př. s 24 *kgm* při + 20° na 3 *kgm* při — 20°.

V praksi se jeví potřeba zkoušek dynamické pevnosti v tahu, tlaku a ohybu. Ráz, nutný ke zkoušce, vyvodí se snadno volným pádem beranu, ale obtížně se měří jeho velikost.

1. **Zkouška nárazové pevnosti v tahu** (Schlagzerreissversuch).

(Tab. 41. a 42.)

Je potřebna v případech, kdy součásti, namáhané tahem, jsou vystaveny i rázům. Typickým příkladem takového namáhání jsou dlouhé šrouby, připevňující pancířové desky k bokům válečných lodí. Přidržujíce desky zapuštěnými válcovými hlavami, aby zevnějšek pancíře byl zcela hladký, procházejí nejenom jimi, nýbrž i bokem dovnitř lodi, kde jsou mocné, pružné podložky a matky. Nárazem střely na desku pružný bok lodní poněkud povolí, se smáčkne, avšak deska reakcí hned zase odskočí nazpět, a tomuto odskoku, působícímu ostrým rázem, musí šrouby čeliti. Podobně, ač ne tak prudce, jsou namáhány šrouby ojniční dělené hlavy, jsou-li pánve vyběhány a čep tluče, ojnice a pístové tyče explosivních motorů, součásti spojek železničních vozů, tahem namáhané části železničních mostů a j. Zkoušky nárazové pevnosti v tahu provádějí se buď na zvláštních strojích nebo na uzpůsobených strojích beranových. K prvým patří stroj Astův, naznačený z části na obr. V., tab. 41.

Zkušební tyč *t*, s rozšířenými hlavami a nenáhlými přechody k nim, zapne se do čelisti *č* v beranu *P*, vedeného náležitě vedením *v*, a do čelisti *č* v závaží P_1, které zapadá s vůlí do probrání kovadliny *R*. Zvedne-li se celek ručním zdvihadlem do určité výše, kterou lze čísti na měřítku, připevněném k vedení, a nechá volně padnouti, zarazí se pohyb beranu *P* dopadem na kovadlinu (tento okamžik jest v obrazci naznačen), kdežto závaží P_1, snažíc se pohybovati nabytou energií dále, tyč přetrhne a dopadne na nárazník *k*, ležící na zpružině *z* a vedený v probrání kovadliny *R*. Po obou stranách probrání jsou dělení *s*, na která ukazují ručičky, připevněné k nárazníku. Při dopadu závaží se pozoruje největší snížení nárazníku a jeho velikost určí na děleních, což není snadné. Dělení *s* byla provedena zjišťováním smáčknutí zpružiny dopadem závaží P_1 s různých výšek. Práce potřebná k přetržení tyče se stanoví z rozdílu práce, vyvozené pádem závaží P_1 s určité výše a jeho přebytečné práce, změřené smáčknutím zpružiny. Je-li dopadová energie závaží menší než pevnost, tyč nepřetrhne, je-li o maličko větší, tyč přetrhne, ale nárazníku nestlačí. Závaží bývá výměnné od 10 do 100 *kg*, a největší výška pádu 4·5 *m*.

Beranový stroj, též padostroj (Fallwerk) firmy Mohr a Federhaff v Mannheimu, s výměnnými berany ve váze 62·5 a 37·5 *kg*, uzpůsobený také k rázovým zkouškám v tahu, naznačen jest na obrazech I. a II., tab. 42.*)

K těžké litinové kovadlině *C*, z jediného kusu, připevněny jsou deskami *d* svislé kolejnice *B*, B_1, dlouhé 6750 *mm*, vyztužené na dvou místech vyhnutými příčkami a spojené nahoře třmenem, ve kterém uložena kladka *e* pro závěs beranu *A*. Ten vedou ramena *b*, zasahující osazenými konci do drážek *c* v hlavách kolejnic. Beran se zvedá ručním zdvihadlem, přišroubovaným ke kolejnici B_1. Visí na háku, který může býti vysmeknut v kterékoli výšce tahem šňůry podobně, jako na obyčejných beranidlech. Výšku beranu a tedy také jeho cestu lze čísti na měřítku *f*, uloženém na kolejnici *B*, děleném v *cm* a *dm*. Měřítko je výškově přestavitelné, aby jeho nulový bod mohl býti postaven proti pevnému ukazateli.

Má-li býti na stroji určována nárazová pevnost v tahu, připevní se na kovadlinu stojánek *D*, do jehož hlavy se upínají vrchní konce zkušebních tyčí *l*, kdežto spodní do pomocného rámku *E*, vloženého do stroje také jenom pro tyto zkoušky, který jest uprostřed probrán, aby mohla do něho vcházeti hlava stojánku *D*, a veden v drážkách *c* kolejnic čtyřmi rameny *i* podobně jako beran. Při zkoušce dopadne beran na rámek *E*, jenž přenese jeho kinetickou energii na zkušební tyč, která se buď jenom prodlouží nebo přetrhne. V tomto případě padá rámek dále a jeho přebývající energii možno určiti buď z velikosti deformace měděného válečku, o němž známo, jak se určitou silou srazí, položeného na kovadlinku *g*, která se pro tento druh zkoušek také na kovadlinu *C* připevní, nebo může býti určena z indikátorového diagramu. Na obr. I. nakreslen zase okamžik, kdy beran na rámek *E* dopadl.

Aby i při rázových zkouškách mohly býti sledovány deformační pochody, opatřen byl zkušební stroj samočinným indikačním přístrojem. Příklad takového naznačen na obr. I., tab. 42. Skládá se z bubínku *m*, potaženého buď kovovým papírem, nebo lépe očazeným, někdy též natřeným tiskařskou černí, kterým otáčí elektromotor *n*, a z pisátka *t*, jímž se osvědčil nejlépe měděný drátek, vložený do dírky v beranu a z ní mírně vytlačovaný. Obě hlavní součásti přístroje, bubínek i elektromotor, jsou uloženy na společných saních, které mohou býti posouvány po loži *p* šroubem a matkou, s nimi spojenou; šroubem se otáčí kličkou *u*. Posuvu saní je třeba, aby bubínek mohl býti k beranu tak dlouho přibližován, až pisátko padajícího beranu narýsne na něm tak ostrou křivku, aby z ní mohly býti graficky určeny prvé i druhé diferenciální kvocienty. Bubínek může býti vždy znovu postaven do vyzkoušené polohy pomocí dělení s noniem. Jeho otáčky udává tachometr *s*, s ním přímo spojený. Poněvadž ostatní druhy dynamických zkoušek, které lze

*) Je postaven v ústavní zkušební stanici.

na stroji také prováděti, žádají jinou výšku zapisovacího ústrojí, jest lože *p* na svém vedení *o* výškově přestavitelné šroubem *q*, jímž se otáčí ruční kličkou *r*.

Plank studoval popsaným zapisovacím ústrojím deformační pochody na materiálu, namáhaném rázem v tahu, na stroji vhodnějším pro tento druh zkoušek, totiž na beranovém stroji firmy Alfred J. Amsler a spol. v Schaffhauzích, který jest konstruován podobně jako stroj Astův, bez pomocného rámku *E*, takže odpadá vliv hmoty tohoto na výsledky a veškerá kinetická energie beranu se zužitkuje na práci deformační. Stroj ten měl největší dopadovou výšku 4 *m* a berany, vážící 25, 50 a 100 *kg*, takže největší výkon, jaký mohl býti dosažen, byl 400 *kgm*. Zkoušky prováděny beranem 25 *kg* těžkým na tyčích, jejichž tvar i velikost udává obr. III., tab. 42. Jelikož zapisovací ústrojí nemůže zaznamenávati prodloužení určité části tyče, nýbrž jenom celé její délky mezi hlavami, nehodí se ke zkouškám tyče na obou koncích kuželovitě sesílené; jsou však na nich nutny značně zaokrouhlené přechody k hlavám.

Již předem je jasno, že deformační pochody při zkoušce statické budou se lišiti od pochodů při zkoušce dynamické, neboť kromě velikého rozdílu v deformačních rychlostech jsou i další. Při statické zkoušce se zatížení pozvolna stále zvětšuje a s ním i prodloužení, což platí až k napětí, při kterém počíná zužování na jednom místě, kdežto při zkoušce dynamické působí největší síla skoro bezprostředně po dopadu beranu na zkušební tyč a ubývá jí s rostoucím prodloužením. V tomto směru liší se také podstatně zkouška tahem od zkoušky srážením.

Než se beran zvedne, nakreslí pozorovatel otočením bubínku, doléhajícího na pisátko, první vodorovnou nulovou čáru, *0 0*, obr. IV., tab. 42. Na obrazci znamenají úsečky čas, pořadnice prodloužení tyče. Dopadající beran nakreslí na bubínku křivku *F* (obráceně než na obrázku reprodukována, aby podle zvyku byly positivní hodnoty nad osou, negativní pod ní). Aby pisátko nezaznamenalo i všech dalších kmitů, čímž by jasnost a určitost křivky utrpěla, odtáhl se bubínek šňůrou od beranu. Beran dopadl na tyč v bodě *a*, průsečíku křivky *F* s nulovou čarou. Průběh křivky před tímto bodem, tedy před dopadem beranu, byl parabolický, odpovídající volnému pádu beranu. V bodě *a* počíná se tyč prodlužovati, křivka mění směr opačně se zakřivujíc, poněvadž dosavadní rovnoměrně zrychlený pohyb přechází náhle ve zpožděný. V bodě *b* nabylo prodloužení největší hodnoty, složené z prodloužení trvalého y_1 a pružného y_2. Proto se tyč, když nebyla přetržena, v příštím okamžiku o pružnou část zase zkrátí, beran dostane pohyb zpětný a vykoná, překročiv bod obratu *c*, více kmitů. Když se tyč s beranem ustálila, narýsne pozorovatel druhou nulovou čáru, *1 1*, která oddělí pružná prodloužení od trvalých; její vzdálenost od první udává trvalé prodloužení. Pružné prodloužení, na obrazci dobře znatelné, je nepoměrně větší než při zkoušce statické.

Z křivky *F*, na které jsou prodloužení ve skutečné velikosti, doby v měřítku, závislém na rotační rychlosti bubínku, možno odvoditi grafickým diferencováním křivku deformačních rychlostí *G*. Srovnáním skutečné rychlosti dopadu, vzaté z obrazce, s rychlostí teoretickou, hodnoty $v = \sqrt{2gh}$, v níž jest h dopadová výška beranu, zjistí se ztráta rychlosti, způsobená třením v drážkách kolejnic a odporem vzduchu. Deformační rychlost je největší v okamžiku dopadu, načež rychle klesá, jest rovna nule v okamžiku největšího prodloužení a potom negativní, souhlasně s obráceným směrem pohybu tyče, až konečně její minimum odpovídá bodu obratu *c* křivky *F*.

Diferencováním křivky *G* a násobením hmotou beranu dostane se křivka deformačních sil *H*. Ty nabudou krátce po nárazu největší hodnoty, načež jich ubývá, až klesnou v bodě obratu *c* křivky *F* na nulu. Poloha bodu největší silové účinnosti, závisící na prudkosti rázu, posune se tím více na levo, čím prudší jest ráz.*)

2. **Zkouška nárazové pevnosti v tlaku** (Schlag-Stauchversuch). (Tab. 42.)

Zkoušejí se tělesa stejných tvarů jako při zkouškách statických, tedy krychle nebo válce. Jelikož účinek rázu závisí na krychlovém obsahu zkušebního tělesa, jest žádoucno, aby se mohly účinky rázů na tělesech různé velikosti porovnávati, učiniti nárazovou práci neodvislou od obsahu. Proto byl zaveden pojem poměrné neboli specifické nárazové práce, jíž se rozumí práce na 1 cm^3 obsahu zkušebního tělesa. Je-li G váha beranu v *kg*, H výška, se které padl, v *cm*, jest G × H v *kgcm* práce rázu, vyvozená volným dopadem. Má-li zkušební těleso obsah O v cm^3, jest poměrná nárazová práce

$$a = \frac{G \times H}{O}.$$

Nárazovou pevností v tlaku se pak rozumí ona specifická práce, jaké je třeba, aby zkušební těleso bylo právě porušeno. Práce ta, vykonaná jediným rázem, byla nazvána též lomovým faktorem (Bruchfaktor), který je pro stejný materiál a stejný tvar zkušebních těles konstantou, jež může býti měřítkem jakosti materiálu. Poněvadž faktor tento lze určiti toliko pro látky, jež se rázem poruší, navrhl Martens, rozšířiti tento pojem i na látky tvárné, které se rázem neporuší, a označovati jím také specifickou práci, potřebnou k tomu, aby tvárné zkušební těleso bylo jedinou ranou sraženo o 80% původní délky. Práci tuto, jíž se vyjadřuje pevnost látek tvárných, pojmenoval faktorem sráženi (Stauchfaktor).

*) Bližší viz: Plank R., Betrachtungen über dynamische Zugbeanspruchung, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, 1912, str. 17.

Zkušební těleso může býti rozdrceno nebo sraženo o 80% své délky buď opakovanými stejnými i nestejnými rázy, nebo lépe rázem jediným, jehož velikost třeba ovšem napřed vyšetřiti, k čemuž se potřebuje více zkušebních těles. Prvý způsob nedává beze všeho srovnávatelných výsledků, neboť součet prací jednotlivých rázů není rovnocenný účinku rázu jediného, stejné nárazové práce, jelikož na účinek má vliv dopadová rychlost beranu, která je různá, a kromě toho pružnost tělesa. Část rázové práce přeměňuje se totiž v pružné sražení, které se po dopadu beranu zase uvolní a vyhodí beran do výše. K přesnému určení práce, přeměněné v trvalou deformaci, by bylo třeba určiti velikost odskoku beranu i práci k tomu potřebnou, a odečísti od celkové práce rázu. Velikost pružné deformace lze zjistiti současným sražením nejen zkušebního tělesa, ale i stejného tělesa olověného. Olověné těleso, nepružné, bude po rázu nižší o pružnou deformaci tělesa zkušebního. Je tedy kromě různé dopadové rychlosti příčinou rozdílného účinku jediného rázu a součtu více rázů stejné úhrnné práce to, že se v prvém případě spotřebuje část energie k přemožení pružné deformace jenom jednou, kdežto v druhém musí býti přemáhána několikráte. V praksi se při obyčejných zkouškách k tomuto rozdílu nepřihlíží.

Mají-li býti na beranovém stroji, znázorněném obrazy I. a II., tab. 42., určovány dynamické pevnosti v tlaku, odstraní se z něho jak stojánek *D*, tak rámek *E*, a na kovadlinu *C* připevní ocelová kovadlinka *g* (obr. I.), na kterou se kladou zkušební tělesa, takže beran dopadá na ně přímo.

Zkoušené těleso se rozšiřuje rázem, stejně jako tlakem, zase nejvíce uprostřed délky; i lomové plochy jsou stejné. Měkká tělesa se mění v soudkovitá, křehká se drtí, při čemž tvoří se zase nejdříve tlakové komolé kužele nebo jehlany.

3. **Zkouška nárazové pevnosti v ohybu** (Schlag-Biegeversuch). (Tab. 41. a 42.)

Jest nejdůležitější dynamickou zkouškou. Provádí se buď na beranových strojích, nebo nověji, jako zkouška vrubová (Kerbschlagprobe) na strojích kladivových (Pendelhämmer). V obou případech působí na předmět nebo na zkušební tyč, uloženou na dvou podporách od sebe určitě vzdálených, uprostřed síla rázem. Zkouškou se stanoví nárazová práce, potřebná k tomu, aby zkoušený předmět byl buď zlomen nebo určitě ohnut.

a. **Zkoušky na beranových strojích.** Zkouší se na nich odedávna železniční materiál, kolejnice, nápravy, okolky a kotouče kol. Jelikož účinek rázu závisí jako při dynamické zkoušce v tlaku nejenom na váze beranu a jeho cestě, nýbrž i na dopadové rychlosti, jest záhodno, aby ke zkoušení stejných předmětů byly upotřebeny i stejné stroje, mají-li výsledky býti přímo srovnávatelné. Proto navrhl Mezinárodní svaz pro zkoušení mate-

riálu r. 1906 na kongresu v Bruselu normální beranový stroj (Normal-Schlagwerk), jehož beran má vážiti 1000 nebo 500 *kg* — jenom výjimečně se připouští i menší váha — býti dokonale svisle veden, míti těžiště v rovině, jdoucí vedením, poměr vedené délky beranu ke světlosti vedení větší než 2 : 1 a čelo z kované oceli, připevněné soustředně a zaoblené podle poloměru 150 *mm*. Litinová kovadlina, z jediného kusu, má vážiti nejméně 10kráte více než beran a ležeti na nepružném základě z pevného zdiva, nejméně 6kráte obsažnějšího. Doporučují se stroje se 6 metrovou dopadovou výškou. Postup zkoušek bývá předepsán dodávacími podmínkami a nutno se jím vždy říditi.

Tak předpisují na př. Československé státní dráhy pro zkoušky kolejnic: Zkoušejí se úřezky 1·3 *m* dlouhé, položené patkou na dvě zaoblené, stejně vysoké a 1 *m* od sebe vzdálené podpory, připevněné ke kovadlině, vážící nejméně 10.000 *kg*, beranem 500 *kg* těžkým. Kolejnice mají vydržeti prvý ráz pracovního výkonu A v *kgm*, vypočteného ze vzorce

$$A = 100 \frac{J}{e^2},$$

v němž jest J moment setrvačnosti průřezu kolejnice v cm^4, vztažený na osu procházející těžištěm, a e vzdálenost této osy od nejvíce namáhaných vláken průřezu v *cm*, a další rázy se 0·4 tohoto výkonu, až se prohnou o $\frac{60}{e}$ v *cm*, aniž by se zlomily nebo nějak porušily. Pracovní výkon posledního rázu může býti přizpůsoben předepsanému průhybu. Po každém úderu se změří prohnutí hlavy kolejnice při tětivě 1 *m* dlouhé. Zkoušeti možno v teplotách od 5 do 30^0.

Hodnoty vypočítané z těchto údajů pro některé profily kolejnic jsou: kolejnice I b. býv. rak. státních drah má J = 1455 cm^4, e = 8·32 *cm*; je tedy pro prvý ráz předepsán pracovní výkon beranu 2100 *kgm*, pro další rázy 840 *kgm* a průhyb, jenž má býti dosažen, 7·2 *cm*. Při zkoušce kolejnice XXX., mající J = 240 cm^4, e = 4·57 *cm*, bude výkonnost prvého rázu 1150 *kgm*, dalších po 460 *kgm* a průhyb, jaký má kolejnice bez závady snésti, 10·0 *cm*. Kolejnice III. býv. Společnosti státní dráhy, které mají J = 863 cm^4, e = 6·40 *cm*, budou zkoušeny rázy 2210 *kgm* a 840 *kgm* do prohnutí 9·4 *cm*.

Tytéž dráhy předpisují pro zkoušení náprav: Na nápravu, uloženou na podporách ve vzdálenosti 1·5 *m*, dopadá beran dopadovým momentem 3000 *kgm* tak dlouho, až se při tětivě 1·5 *m* prohne o hodnotu E v *mm*, vypočítanou z rovnice

$$E = \frac{1350}{D.P},$$

ve které jest D průměr nápravy uprostřed, vyjádřený v *m*, a P pevnost v tahu, předepsaná pro materiál zkoušené nápravy, v *kg* na 1 mm^2. Poslední

úder jest vyměřiti tak, aby vypočítaný průhyb nebyl značněji překročen. Potom se náprava otočí o 180° a narovnává rázy téže kinetické energie; dobrá se nesmí porušiti při ohýbání ani při narovnávání.—

Beranovým strojem zkoušejí se i kované nebo válené kotouče kol železničních. Československé státní dráhy určují: Zkoušený kotouč se uloží vodorovně na prstencovitou podložku takových rozměrů, aby věnec na ní ležel celým obvodem v šířce asi 10 *mm*, a beran dopadá na vložku, položenou na náboj. Prvý ráz má dopadovou energii 1000 *kgm*, další pokaždé o 500 *kgm* větší až do 3500 *kgm*. Tento ráz třeba tak dlouho opakovati, až se náboj sníží proti věnci o 50 *mm*. Kotouč vyhoví, snese-li tuto deformaci bez jakékoli poruchy.

Správnost výkonu beranových strojů se zjišťuje normálními měděnými válečky (Normalkupferzylinder), určitého tvaru a velikosti, z nejlepší rozpěrkové mědi, které se srazí určitou prací na předepsanou délku, vyzkoušenou některým z předních zkušebních ústavů. Stroje, jejichž výkon, kontrolovaný normálními válečky, jest o více než 2% menší než teoretický (váha beranu násobena výškou pádu), jsou chybné a není možno jimi pracovati. Chybu zaviňují především nesprávná vedení beranu.

Má-li býti na poznaném stroji firmy Mohr a Federhaff určována dynamická pevnost v ohybu, odstraní se z něho kovadlinka *g* (obrazy I. a II., tab. 42.), zkušební tyč *j* položí na zaoblené podložky *k*, k_1, připevněné ke kovadlině *C* šrouby s hlavami tvaru T, a na čelo beranu nasadí taktéž zaoblená, účinná čelist *h*.

Deformace, vznikající rázem, jsou celkem podobny deformacím při ohýbání statickém. I při těchto zkouškách má teplota na výsledky větší vliv než při zkouškách statických; již při několika stupních pod nulou jeví se materiál křehkým. Proto by se měly veškeré dynamické zkoušky ohybem konati při stejné teplotě (kolem 17°).

b. **Zkoušky na výkyvných kladivových strojích.** V poslední době nabyla značného významu pro posuzování stejnorodosti a houževnatosti materiálu nárazová zkouška pevnosti v ohybu na zkušebních tělesech se zářezy neboli vruby.

Jest známo, že na př. na čepu *A* (obr. VI., tab. 41.), namáhaném silou *P* ohybem, nesmí býti u nákovku vysoustružena rýha, ba, že ani hladký, neporušený čep nesmí přecházeti v nákovek náhle, bez zaobleného přechodu, nýbrž pozvolna, nemá-li se zvětšiti nebezpečí lomu. Proto snese značně slabší čep *B* (obr. VII.) s náležitým přechodem k nákovku namáhání větší silou P_1, než silnější čep *A*. V tomto směru je ještě citlivější materiál, namáhaný rázy, jelikož jeho částice poblíže místa lomu by měly vykonávati veliké deformační pohyby, k čemuž nemají času.

Kladivové stroje vynikají nad beranové tou cennou předností, že umožňují měřiti velikost nárazové práce právě v okamžiku lomu.

Jejich účinnou částí je ploché kladivo, nasazené na lehkou násadu, dlouhou až více metrů, otočnou v kuličkových ložiskách kolem vodorovné osy. Kladivo, vykývnuto ze svislé klidové polohy do určité výše a puštěno, klesá zase do svislé, ve které narazí nabytou energií na zkušební těleso, přerazí je a vykývne podle velikosti odporu více méně za ni. Zjistí-li se při zkoušce výška, do které kladivo zase vystoupilo, možno určiti práci, jakou vyžadovalo přeražení předmětu, jenž se přeráží v ž d y j e d i n o u ranou.

Výkyvné kladivové stroje jsou také normalisovány. Za základ byla přijata konstrukce C h a r p y h o, a zavedeny tři velikosti, s výkonnostmi 250, 75 a 10 *kgm*. Prvá má váhu kladiva 85 *kg* a největší výšku pádu 2·94 *m*, druhá má kladivo 33 *kg* těžké a 2·28 *m* největšího pádu a třetí váhu 8·2 *kg* při pádu 1·22 *m*. Uvedených největších výšek se vždycky neužívá, jelikož jenom zřídka je potřebna plná energie kladiva. Stroje tyto mají býti konstruovány jako přenosný celek a míti těžiště kyvadla co nejníže.

Z k u š e b n í t ě l e s a pro prvé dvě velikosti strojů mají tvar čtverhranných tyčí, 160 *mm* dlouhých (obr. VIII., tab. 41.), 30 *mm* ve straně, s o b l ý m v r u b e m (Rundkerb) v polovině délky, který se vytvoří provrtáním tyče vrtákem 4 *mm* v průměru, tak postaveným, aby zbylo 15 *mm* neporušené šířky, když se její druhá část prořízne; přeráží se tedy z tyče průřez 15 × 30 *mm*. Kladivo narazí na přední, neporušenou část tyče, přesně proti vrubu. Zkouší-li se materiál tenčí, na př. plech, má zkušební tyč jeho tloušťku, ale všechny ostatní rozměry jako tyče právě popsané. Tyče jsou na stroji podepřeny podporami se světlou vzdáleností 120 *mm*.

Zkušební tělíska, na něž stačí kladivo 10 *kgm*, mají podle návrhu Německého zkušebního svazu délku 100 *mm* (obr. IX., tab. 41.), čtvercový průřez velikosti 8 × 8 až 10 × 10 *mm* (poslední je normální), uprostřed o s t r ý v r u b (Scharfer Kerb), 2 *mm* hluboký s boky skloněnými pod 45°, tedy lomový průřez 6 × 8 až 8 × 10 *mm*, a světlost mezi podporami 70 *mm*. Mezinárodní svaz navrhl na šestém kongresu r. 1909 pro tuto velikost strojů tyčinky 60 *mm* dlouhé, průřezu 10 × 10 *mm*, s oblým vrubem $1^1/_3$ *mm* v průměru, podobně provedeným jako na tyčích pro veliké stroje, s lomovou plochou 5 × 10 *mm*, které se přerážejí na podporách se světlou vzdáleností 40 *mm*. — Materiál na zkušební tyče nutno oddělovati od ostatního zase za studena a není přípustno, aby tyče byly dodatečně nějak ohřívány. Teplota, při které se zkoušky konají, má býti zaznamenávána; bývá obyčejně 12—25°. Zkouškou se určuje j e n o m energie, potřebná k přeražení průřezu tyče, zbylého po provedení vrubu.

Stroj nejmenší výkonnosti, 10 *kgm*, naznačuje obr. XI., tab. 41.*) Se základní deskou, připevněnou šrouby *s* k základu, jsou slity dva shodné stojany *A*, mezi nimiž se pohybuje kolem osy *o* kladivo *K*, s vloženým

*) Takový od firmy Mohr a Federhaff v Mannheimu jest ve zkušební stanici ústavu.

nárazným ostřím *n*. Má-li býti zkouška provedena a zkoušející se přesvědčil o bezvadném působení stroje, umístí při svislé, čárkovaně kreslené poloze kladiva, na podložky *a*, přestavitelné, aby na stroji mohla býti zkoušena tělíska, navržená oběma svazy (pro světlou vzdálenost podpor 70 i 40 *mm*), tělísko *t* a posune tak, aby jeho vrub ležel přesně proti náraznému ostří kladiva. Potom postaví ručičku *c*, unášenou osou *o* pouze třením, na nulovou rysku dělení *m*, ve kteréž poloze se dotýká narážky *d*, také přestavitelné, načež zvedne kladivo do polohy kreslené plně a zachytí západkou *b*. Při této poloze kladiva, odpovídající výkonu 10 *kgm*, není ručička v poloze kreslené plně, nýbrž dole.

Vysmekne-li pozorovatel západku, kladivo klesá, přerazí tyč a vykývne na druhou stranu, když veškerou energii k přeražení nespotřebovalo. Velikost výkyvu ukáže ručička *c* na dělení, jelikož při zpětném pohybu do svislé polohy ji osa může unášeti, kdežto při výkyvu ku předu, přes svislou polohu, byla držena na nulové poloze narážkou *d*. Nyní pozorovatel kyvadlo zastaví mírným přitlačením pásové brzdy *e* ke spodku závaží, což provede vychýlením páky *f* v levo. Když se kyvadlo uklidnilo, odečte na stupnici *m* úhel, o který kladivo, přerazivši tělísko, vykývlo za svislou polohu. Z tabulek, patřících ke stroji, vyčte práci tohoto výkyvu v *kgcm* a jejím odečtením od 1000 *kgcm* zjistí práci, spotřebovanou k přeražení tyčinky. Dělí-li ji plochou průřezu v cm^2, dostane specifickou nárazovou práci, vztaženou na 1 cm^2. Odpor materiálu, určený touto zkouškou, nazývá se také vrubovou houževnatostí (Kerbzähigkeit).

K nepatrnému odporu, vznikajícímu třením v ložiskách, netřeba přihlížeti. Je však možno vyšetřiti jej jednou pro vždy zkouškou a od teoretické hodnoty 10 *kgm* odečísti. Třeba rozkývati závaží a vypočítati velikost tření z ubývající velikosti výkyvu. Práci potřebnou k pohybu ručičky *c* nutno však vyšetřiti, jelikož je značnější. Určí se z rozdílu výkyvů závaží s ručičkou a bez ní.

Popsaný stroj může býti také uzpůsoben pro zkoušky nárazové pevnosti v tahu. Pak se zkušební tyčinka, 5 *mm* v průměru, 70 *mm* dlouhá, přecházející na koncích v ½palcové šrouby po 20 *mm* délky (takže jest celkem 110 *mm* dlouhá), zavrtá jedním koncem do otvoru na zadní straně kladiva (viz jeho plně kreslenou polohu) a na druhý našroubuje příčka. Tato narazí při pádu kladiva na narážky, připevněné k podporám *a*, další pohyb zkušební tyčinky okamžitě zarazí, kdežto kladivo, pohybujíc se dále, ji přetrhne.

Na obr. X., tab. 41., naznačen tvar kladiva *a* velikého výkyvného stroje. Kladivo, do jehož probrání vsazeno nárazné ostří *n*, visí na tenkých závěsech z_1, z_2. Poloha *1*, kreslená plně, odpovídá poloze klidové, kdežto *2* a *3* jsou krajní. Brzdicím špalíkem *b*, vsazeným do spodku kladiva, a kovovým pásem *v*, jehož výšková poloha jest měnitelná, lze kladivo v určité výši zadržeti a po přeražení tyče rychleji zastaviti. Kladiva obou větších čísel strojů se zdvihají ručními zdvihadly. Velikost výkyvu po rázu, za

svislou polohu, nebo přímo zdvih kladiva, měří se na nich takto: Na otočné ose kladiva upevněn jest kotouč s ovinutým jemným drátem, na jehož volném konci visí závaží. Je-li kladivo zdviženo, jest závaží nejníže a stoupá, když kladivo klesá; v nejvyšší poloze bude, než se kladivo počne vraceti. Poněvadž při zpětném pohybu kladiva závaží také klesá, je s ním spojen vlečný ukazatel, který zůstane v nejvyšší poloze závaží a ji určitě označí. Na dělení pod ukazatelem možno čísti buď úhel výkyvu nebo přímo výšku kladiva před rázem a po něm. Padalo-li kladivo na př. 33 *kg* těžké s výše $H = 1·2\ m$ (obr. X.) a vystoupilo, přeraziv̌ši zkušební těleso, do výše $h = 0·327\ m$, spotřebovalo přeražení bez ohledu na ztráty třením $33 \times (1·2 - 0·327) = 28·8$ *kgm*. Působilo-li na průřez 30×15 *mm*, tedy na $4·5\ cm^2$, byla specifická práce rázu na $1\ cm^2$

$$\frac{28·8}{4·5} = 6·4\ kgm.$$

Na výsledky vrubových zkoušek má tvar vrubu značný vliv. Tyče s ostrým vrubem se lámou snadněji než tyče s vrubem oblým; nejnápadnější je tento zjev na tvrdé oceli. Také přibývá odporu s ubýváním tloušťky zkušebních tyčí, ať je vrub jakýkoli. Z toho plyne, že ke zkouškám nutno užívati vždy jenom tyčí normálních. Oblý vrub se dělá mnohem snáze než ostrý. Zvláště význačný jest vliv teploty. Ocel má v nižších teplotách mnohem menší vrubovou houževnatost než v teplotách vyšších. Materiál, k jehož přeražení při 200^0 bylo třeba 33·90 *kgm*, přerazil se v teplotě 20^0 prací 24·69 *kgm*, v teplotě -1^0 prací 16·29 *kgm* a při -20^0 stačily pouhé 4·24 *kgm*.

III. **Dlouhodobé zkoušky opakovaným namáháním.**

(Dauerversuche.)

Hledá se jimi největší napětí, které materiál, namáhaný mnohokráte od kladné hodnoty do stejně veliké negativní, právě ještě snese, aniž by se zlomil, t. j. hledá se jimi pracovní pevnost (Arbeitsfestigkeit), jakou odporují zevnějším silám součásti strojů hnacích, pracovních, hřídele, osy vozů železničních, mosty, jeřáby a pod. Kdežto při všech až posud popisovaných zkouškách byl materiál zatěžován jenom jednou až na mez pevnosti, zatěžuje se při dlouhodobé zkoušce milionkráte, ovšem silou menší, na zvláštních zkušebních strojích. Prvé takové zkoušky provedl, jak již zmíněno, v letech 1860—1870 Wöhler; pokračovali v nich Bauschinger a Spangenberg.*)

*) Schemata strojů Wöhlerových i pozdějších viz v knihách: Martens A., Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau, Berlín, 1898; Martens A. a Guth M., Denkschrift zur Eröffnung des Kgl. Materialprüfungsamtes Gross-Lichterfelde, Berlín, 1904.

Ústavní zkušebna má stroj k dlouhodobému zkoušení ohybem v rotaci soustavy Arnoldovy od firmy Aktiebolaget Alpha v Sundbyberku u Štokholmu.

Ačkoli Wöhlerovy zkoušky jsou již tak staré a v Německu byly počátkem vědeckého zkoušení materiálu, měly dlouhý čas jenom vědecký význam, neboť jakost materiálu byla posuzována výhradně podle výsledků zkoušek pevnosti v tahu. Teprve v novější době poznáno, zejména ve strojnictví, že zkouška ta není vždy spolehlivou, bezpečnou pomůckou, nýbrž že o vlastnostech konstrukčního materiálu v provozu lze souditi mnohem spolehlivěji ze zkoušek dlouhodobých (také na umdlení zvaných), přizpůsobených jeho skutečnému upotřebení.

Spangenberg vyšetřil tyto hodnoty: železo, mající pevnost v tahu 38—42 *kg* na 1 mm^2, má pracovní pevnost 21 *kg*, ocel s pevností 50 *kg* i více má pracovní pevnost 31 *kg* a bronz s pevností 30 *kg* i více má pracovní pevnost 8·50—10·50 *kg*. Třeba připojiti, že by se dnešní výsledky lišily, jelikož nynější konstrukční materiál má zcela jiné vlastnosti než měl před 50 lety.

IV. **Zkoušení tvrdosti.**

(Tab. 41.)

Jako není až posud ustálené definice tvrdosti, tak není také ustálených metod k jejímu určování. Martens definuje tvrdost velikostí odporu, jaký klade těleso vniku tělesa druhého. Způsobů, jimiž lze tvrdost určiti, jest veliké množství; žádný z nich, kromě jednoho, nemůže ji však udati v hodnotě absolutní, nýbrž vesměs v porovnávací. Než bude učiněna zmínka o nejdůležitějších, buďtež přehledně roztříděny podle Schwarze.*)

1. **Druhy zkoušek.**

a. **Zkoušky vrypem** (Ritzverfahren).

a) Vrypy ruční. Tímto nejstarším zpusobem se určuje tvrdost zejména v mineralogii. Zkoušená látka se rýpe úlomky nerostu, krystaly nebo kovovými jehlami (Werner, Hauy, Mohs, Breithaupt, Cohen a j.).

b) Vrypy nástroji. Zkoušená, hladce obroušená plocha se táhne pod zatíženou jehlou; původně byly jehly z kalené oceli, později diamantové. Pak je tvrdost:

α) úměrna zatížení jehly; vyšetřuje se zatížení potřebné k tomu, aby vznikla právě viditelná ryska, nebo se měří šířka rysky při různých zatíženích jehly, po případě hledá zatížení, jež by způsobilo rysku určité normální šířky (Seebeck, Franz, Graikch a Pekárek, Exner, Martens, Pöschl);

β) obráceně úměrna síle, potřebné k protažení zkoušené látky pod normálně zatíženým ostřím (Greilich a Pekárek);

γ) úměrna počtu pohybů, nutných, aby vzniklo určité opotřebení (Grailich a Pekárek).

---

*) Schwarz M., Die wichtigsten Verfahren zur Härteprüfung, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, 1922, str. 428.

c) Vrypy nástroji. Zatížená jehla se táhne po zkoušené ploše, rovinně zbroušené. Tvrdost je pak:

α) obráceně úměrna síle, která jehlou pohybuje (Franz);

β) úměrna potřebnému zatížení jehly (Turner).

b. **Zkoušky opracováním.**

a) Hoblování normálním nožem. Tvrdost jest obráceně úměrna hloubce vzniklé rýhy (Pfaff).

b) Vrtání normální špičkou (diamantovou). Tvrdost je úměrna:

α) počtu potřebných otáček (Pfaff);

β) počtu otáček normálně zatížené diamantové špičky, aby vnikla do určité hloubky (nejčastěji 0·1 *mm*) (Jappar).

c) Vrtání normálním vrtákem. Tvrdost je:

α) úměrna počtu otáček, potřebných k tomu, aby dosažena byla určitá normální hloubka;

β) obráceně úměrna hloubce díry, získané určitým, normálně zatíženým vrtákem, za 100 otáček; těmito čísly tvrdosti se udává nejčastěji opracovatelnost,*) zejména litiny (Coquilhât, Ržíha, Bauer, Leyde, Reininger, Kessner).

d) Broušení normálním práškem (doporučuje se hlavně k určování opotřebitelnosti kamenů). Tvrdost je:

α) obráceně úměrna době, potřebné k obroušení (Behrens);

β) obráceně úměrna objemovému nebo váhovému úbytku (Smith, Hauenschild, Rosíval, Bauschinger a j.);

γ) obráceně úměrna relativní ztrátě dvou současně obrušovaných látek (Jannettaz a Goldberg).

Tyto zkoušky provádějí se určitým množstvím normálního brusného písku a brousí se buď po určitou cestu, dobu, nebo tak dlouho, až písek pozbude účinnosti.

Zkouškami uvedenými pod 1. a 2. se určuje hlavně povrchová tvrdost.

c. **Zkoušky klidným vtiskem** (statické).

a) Přitlačení čočky ze zkoušené látky na desku z téže látky, až vznikne kruhový otisk. Tvrdost je:

α) úměrna mezní hodnotě tlaku, vztažené na jedničku styčné plochy (Hertz);

β) úměrna uvedené hodnotě, násobené třetí odmocninou poloměru zakřivení čočky (Auerbach).

Tento způsob jest jediný, který udává absolutní, spolu srovnávatelné hodnoty tvrdosti; je však upotřebitelný jenom pro látky poměrně křehké.

*) Viz str. 296.

b) Vtlačení kuličky do hladkého povrchu zkoušené látky buď určitým nebo proměnlivým tlakem. Tvrdost je:

α) obráceně úměrna povrchu vzniklého důlku (Brinell, Kohn);

β) obráceně úměrna ploše kružnice, která důlek omezuje (Meyer, Rasch, Rejtö).

γ) úměrna tlaku, kterého třeba, aby vtlačil ocelovou kuličku 5 (10)*mm* v průměru do hloubky 0·05 *mm* (Martens, Heyn).

c) Vtlačení kužele (nebo jehlanu) do zkoušené látky. Tvrdost je:

α) úměrna zatížení, jež vtlačí zkoušející předmět vrcholem do určité hloubky (Calvert a Johnson, Bottone, Keep, Kirsch, Kerpely);

β) obráceně úměrna objemu vtisku, vzniklého určitým nebo proměnlivým zatížením (U. S. A. Ordonance Tests, Ludwik).

d) Přitlačení plášťových ploch dvou válců ze zkoušené látky, skřížených pod 90°. Tvrdost je obráceně úměrna vzniklé kruhové styčné ploše (Rudeloff, Föppl a Schwerder).

e) Přitlačení skřížených čtverhranných hranolů. Tvrdost je obráceně úměrna styčné ploše (Haig).

d. **Zkoušky vražením tělesa do povrchu zkoušené látky jedním nebo více rázy** (dynamické).

a) Vražení ocelového sekáče rázem. Tvrdost je:

α) obráceně úměrna délce vniku sekáče s obloukovitým ostřím (Uchatius, Middeberg, Martens);

β) obráceně úměrna hloubce vniku špičatého sekáče (Kerpely);

γ) úměrna práci potřebné k vyvrtání určitého objemu v kameni (Rosíval, Harvez);

δ) úměrna počtu rázů, jichž třeba, aby tyč ze zkoušené látky, určitého průřezu, byla sekáčem přeseknuta (Muschenbroek);

ε) úměrna vniku nebo odrazu dopadající ocelové kuličky (Schneider, Fréminvillers, Peitz);

ζ) úměrna odrazu závaží s diamantovou nebo ocelovou dopadovou ploškou (Shore-Héroult, Schwarz, Kienerovo výkyvné zkušební kladívko tvrdosti).

a) Kulička nebo kužel se vráží rázem kladiva. Tvrdost je:

α) obráceně úměrna průměru důlku, ploše důlku nebo jeho objemu (Schwarz, Edwards a Willis, Martel, Suchopárek, Ballentine, Wüst a Bardenheuer);

β) tvrdost se zjišťuje porovnáním důlků, provedených současně ve zkoušené látce a ve srovnávacím materiálu (Grenet, Poldina huť).

b) Kulička nebo kužel se vráží napiatou zpružinou (Graven, Baumann, Schwarz).

e. **Tvrdost se určuje z pevnostních vlastností** a jest:

α) úměrna pevnosti ve střihu (Kick);
β) úměrna mezi pružnosti (Auerbach, Hartig, Kirsch a j.);
γ) třeba rozeznávati tolik druhů tvrdosti, kolik je možných způsobů namáhání (Kirsch).

f. **Tvrdost slitin železa a uhlíku**

možno určovati z magnetických vlastností (Waltenhofen, Kerpely, Strouhal a Barus).

g. **Tvrdost se určuje z velikosti tření**

na ocelových, karborundových nebo alundových pilnících (Heathcote).—

2. Provádění zkoušek.

Nejstarší způsob, kterým byla tvrdost stanovena, ruční vryp, byl vytvořen mineralogy a upotřebuje se dodnes v mineralogii. Mohsova stupnice má 10 členů, z nichž každý následující je tvrdší předcházejícího, s pořadím: č. 1. mastek, č. 2. kamenná sůl nebo sádra, č. 3. vápenec, č. 4. kazivec, č. 5. apatit, č. 6. živec, č. 7. křemen, č. 8. topas, č. 9. korund a č. 10. diamant. Má-li býti určena tvrdost některé látky, rýpe se jmenovanými nerosty a jest poněkud měkčí než nerost, který zanechal na ní patrnou stopu; zkoušená látka má pak rýpati nerost tvrdosti o stupeň nižší. Byly často činěny pokusy, udávati také tvrdost kovů v Mohsově stupnici, ale namítá se proti nim, že nelze přímo srovnávati obyčejně velice křehkých nerostů s houževnatými kovovými látkami.

Ze způsobů určování tvrdosti vrypovými nástroji se udržel jediný Martensův. Vyjádřuje tvrdost zatížením diamantu, jehož třeba, aby zanechal vryp určité šířky, nebo šířkou rýhy, vzniklé určitým zatížením diamantu. Poslední způsob je pohodlnější i rychlejší, poněvadž šířku vrypu lze snadno měřiti komparátorem nebo šroubovým okulárním mikrometrem. Zkoušená plocha musí býti rovná, hladká, dobře broušená. Jelikož však vrypový přístroj jest velmi citlivý a jemný, může býti upotřeben toliko v laboratořích, kde koná cenné služby, neboť jím může býti zkoušena i zakalená ocel, ve kterémž případě většina ostatních způsobů selhává.

Ze všech uvedených způsobů určování tvrdosti se nerozšířil v praksi žádný tak, jako způsob Brinellův, jelikož jest jednoduchý a dává spolehlivé výsledky. Do hladkého povrchu zkoušeného materiálu vtlačí se klidným, dobře měřitelným tlakem zakalená, ocelová kulička *D mm* v průměru (obr. XIII.) a drobnohledem změří průměr *d* vzniklé prohlube-

niny. Dělením konečného tlaku v *kg* povrchovou plochou kulovitého důlku v mm^2, dostane se číslo tvrdosti T, takže

$$T = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi D}{2}\sqrt{D^2 - d^2}} = \frac{P}{\frac{\pi}{2} D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} = \frac{P}{\pi D\left(\frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}\right)}.$$

Čím větší je toto číslo, tím tvrdší jest materiál. V tabulkách patřících ke zkušebnímu stroji bývají vypočítány povrchy důlků ke všem průměrům *d*, jakož i podíly síly a plochy, takže lze z nich pro každý změřený průměr *d* vyčísti hned číslo tvrdosti.

Aby se získaly výsledky porovnávatelné, musí kulička míti určitý průměr a zkoušený předmět určité nejmenší rozměry. Brinell doporučoval, aby normální kulička měla 10 *mm* a zkoušený materiál tvar destičky, při nejmenším 10 *mm* silné a 35 *mm* široké. Třeba však podotknouti, že tvrdost většiny látek se zkouší přímo, bez přípravy zkušebních tělísek, a zkušební stroj je tím vhodnější, čím větší a rozložitější předměty mohou býti na něj položeny. Poněvadž hloubka důlku *h* závisí na průměru kuličky a užité síle, volí Brinell tuto tak, aby úhel nad průměrem *d* nebyl nikdy větší než 90^0. Pak je třeba podle tvrdosti látky voliti různě veliké síly ke vtlačení kuličky. Bývají 50.000, 5000, 3000, 1000, 750, 500, 250, 187·5 a 62·5 *kg*; na železo a ocel se volí 3000 *kg*, na měkké kovy 500 *kg*.

Kuličkou se zkouší v takové vzdálenosti od kraje, aby se nevyboulil; proto se volí vzdálenost ta vždy větší než průměr kuličky. Průměr *d* se měří drobnohledem nejméně na 0·1, lépe na 0·01 *mm*. Nemá-li důlek přesně kruhového tvaru, béře se do počtu střední hodnota průměrů. Není-li ploška, do které se kulička vtlačuje, hladce obroušena, nýbrž jenom hrubě opracována, má rýhy po noži, bude průměr důlku při stejném zatížení větší, než kdyby plocha byla hladká, a číslo tvrdosti menší. Velikost důlku na předmětech slabších než 1·5 *d* se mění s tvrdostí podložky. Na váleném materiálu jest průměr důlku na ploše kolmé ke směru válení jiný než na ploše s ním rovnoběžné. Má-li býti určena tvrdost materiálu zkušební tyče, přetržené tahem, nutno kuličku vtlačiti v místech, která nebyla trvale deformována, a to na ploše průřezové, nikoli na povrchu. Na tvrdých látkách s oduhličeným povrchem (na př. dlouho žíhané pérové oceli) okraj důlku zpravidla vystoupí a naopak na měkkém materiálu s tvrdým povrchem (předměty poocelované) se stlačí do důlku.

Doba, po kterou působí síla na kuličku, se volí pro všechny látky stejná, totiž 30 vteřin, ač v některých látkách (na př. v měkkém železe) není deformace ukončena ani po 15 minutách, a zkoušen-li zinek, vzroste průměr důlku poněkud ještě po 30 minutách. Změní-li se doba zkoušky

železa (i měkkého), mědi, mosazi a většiny bronzů o $\pm$ 5 vteřin, odchyluje se číslo tvrdosti pouze o $\pm$ 0·3%. Ocel s tvrdostí 140 nebo větší deformuje se dodatečně tak málo, že stačí zkoušeti ji pouze 10 vteřin. Poněvadž se ale předem často neví, bude-li tvrdší než 140, zkouší se obyčejně také 30 vteřin.

Do tvrdosti 450 nemá tvrdost kuliček na měření vlivu; zkoušejí-li se však látky tvrdší, kulička se zplošťuje, údaj tvrdosti klesá a nutno užíti kuliček obzvláště tvrdých. Jejich tvrdost se stanoví tím způsobem, že dvě kuličky stejné tvrdosti, položené na sebe, se stlačí silou $P = 5\,D^2$ *kg* (D v *mm*) a tato, vztažena na jedničku stykové kruhové plošky o průměru d, tedy

$$\frac{P}{\frac{\pi\, d^2}{4}}$$

udává tvrdost. Dobré kuličky mají tvrdost nejméně 630 *kg* na 1 mm^2; kuliček s tvrdostí 670 *kg* se užívá jen zřídka.

Brinellovu zkoušku tvrdosti možno provésti na každém zkušebním stroji se zařízením ke zkoušení pevnosti v tlaku. Nemá-li ho, jako často jednoduché stroje ke zkoušení pevnosti v tahu, lze na stroji takovém vyvoditi tlak pomocnou úpravou, znázorněnou obrazem XII., která se vepne do upínacích hlav zkušebního stroje. Na ty působí sice tah, jak šipky ukazují, ale na kuličku k a předmět tlak. Jsou však i velmi pohodlné speciální stroje, výhradně ke zkoušení tvrdosti, z nichž zasluhují přednost ony, na kterých lze měřiti přímo hloubku vniku h, neboť přesné měření průměru d stěžuje materiál, buď vytlačený kuličkou na okraji důlku nahoru nebo stlačený dovnitř. Pak se určuje tvrdost z rovnice

$$T = \frac{P}{\pi . D . h},$$

jelikož hodnota

$$\frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}$$

v rovnici pro tvrdost na str. 336. odpovídá hloubce h.*)

Pojmu tvrdosti, jako odporu proti vniku jiného tělesa, by lépe odpovídalo nevztahovati tlaku P, působícího na kuličku, na povrch vytvořeného důlku, nýbrž na jedničku plochy $\frac{\pi\, d^2}{4}$ (jak učinili Meyer, Rasch, Rejtõ), takže by pak tvrdost T_1 byla

$$T_1 = \frac{P}{\frac{\pi\, d^2}{4}},$$

*) Zkušební stanice ústavu má stroj Brinellův na 3000 *kg* největšího tlaku od firmy Aktiebolaget Alpha v Sundbyberku u Štokholmu, jenž byl koupen z velkodušného daru 25.000 Kč továrníka Inž. Josefa Prokopa v Pardubicích.

když *d* jest průměr kružnice, omezující důlek. Brinell se rozhodl pro čísla T proto, že plocha povrchu kulové úseče roste rychleji s tlakem než plocha $\frac{\pi d^2}{4}$. Čísla T vystihují tedy v rozsahu obvyklých zatížení správněji tvrdost látky než čísla T_1. Velikost rozdílu mezi hodnotami T a T_1 stoupá při vzrůstajícím průměru důlku takto:

pro $D = 10$ *mm* a $d =$	2	3	4	5	6 *mm**)
je $T_1 > T$ o	1·4	2·7	4·4	7·0	11·2%

Normalisační výbor německého průmyslu rozhodl se také pro číslo Brinellovo, jednak z důvodu výše uvedeného, a pak, že číslo to jest již všeobecně zavedeno. Poněvadž kuličkami různých průměrů se dostanou u železa a oceli, jakož i u mnohých jiných látek stejné hodnoty T, mají-li se zatížení k sobě jako čtverce průměrů, navrhl týž výbor pro zkoušky Brinellovy tyto vztahy:

Je-li tloušťka zkoušeného předmětu v *mm*	> 6	6—3	< 3,
budiž průměr kuličky v *mm*	10	5	2·5,
zatížení v *kg* pro železo a ocel $P = 30\,D^2$	3000	750	187·5,
pro měď, mosaz a bronz $P = 10\,D^2$	1000	250	62·5.

V nejčastějších případech stačí kulička 10 *mm*; jenom tehdy, když se žádá, aby po zkoušce zbyly co nejmenší sledy, nebo když se má zkoušeti tenká součást, upotřebí se kuličky 5 nebo i 2·5 *mm* v průměru. Kde naopak muže býti pro zkoušení hrubších výrobků (železniční kolejnice, kola a pod.) síla *P* náležitě zvětšena, lze užíti i kuličky 19 *mm* v průměru (Brinell) nebo 20 *mm* (Kohn).

Brinell a Dillner seznali pokusy, že násobek čísla tvrdosti a jistého koeficientu dává pevnost v tahu téhož materiálu, neboli, že lze z čísla tvrdosti, které se snadno najde, určiti s dostatečnou přibližností pevnost v tahu, a udali, že koeficient ten je pro kujné železo a ocel s tvrdostí do čísla 175, když se kulička vtlačuje kolmo ke směru válení, 0·362 a 0·354, vtlačuje-li se s ním rovnoběžně, a pro tvrdosti nad 175 analogicky 0·344 a 0·324. Největší rozdíl mezi pevností takto vypočítanou a určenou přímo nebyl větší než 6%. Udané vztahy platí pro oceli podeutektoidické, tedy nikoli pro většinu ocelí nástrojových.

Kromě jednoduchosti přispěl právě tento poznatek nemálo k oblíbenosti zkoušek Brinellových. Náklad na zkoušku pevnosti v tahu může odpadnouti, jelikož není třeba hotoviti zkušebních tyčí, a tvrdost se určí přímo na předmětě. Tak lze stanoviti pevnost hřídelů, kolejnic, tyčí na hlavně pušek, zkrátka všech konstrukčních součástí, aniž by se jich část zničila na zkušební tyče.

*) Průměr důlku v železe a oceli s pevností 36—180 *kg* na 1 mm^2 bývá zřídka kdy větší než 6 5 *mm*.

Nejnověji udává Döhmer*), že se pevnost kujného železa a oceli s 0·1—1·2% C a pevností 36—180 *kg* najde násobením čísla tvrdosti koeficientem 0·343 a připočtením hodnoty 4·8; vzorec tento neplatí pro slévací železo a ocelovou litinu. Odchylky zkoušek kolmých ke směru válení činí 10%, ač ocelárny a válcovny udávají 20%.

Normalisační výbor německého prumyslu navrhuje tyto koeficienty:

pro uhlíkové oceli s pevností 30—100 *kg* na 1 mm^2 koeficient 0·36,
pro chromoniklové oceli s pevností 65—100 *kg* koeficient 0·34.

Brinellovu tvrdost a tím i pevnost materiálu možno určiti také vůbec bez zkušebního stroje. Tak uvedla Poldina huť na Kladně již dávno do oběhu malý, laciný přístrojek, k němuž patří kulička 10 *mm* v průměru, uchopená uprostřed tenkou objímkou, vybíhající v rukojeť, která je uvnitř trojúhelníkovitě probrána, upravena k měření prumĕrů důlků, po způsobu drátoměru, a označená ocelová destička se známou pevností v tahu. Při zkoušce položí se na urovnanou plošku předmětu kulička, na ni uvedená destička a celek stiskne šroubovým lisem nebo svěrákem, aby kulička vnikla jak do předmětu, tak i do destičky. Změří se průměry obou důlků, stanoví jejich rozdíl a podle něho vyčte z malé tabulky, patřící také k přístrojku, pevnost; získala se tedy porovnáním tvrdosti předmětu s tvrdostí označené destičky. Podle udání liší se takto vyšetřená pevnost nejvýše o ± 3 *kg* na 1 mm^2 od pevnosti skutečné. Není-li po ruce svěráku nebo podobné pomůcky ke klidnému vtlačení kuličky, stačí úhoz kladívkem, k němuž však má býti sáhnuto jenom výjimečně. Je-li v tomto případě zkoušený předmět tvrdší než destička, dostává se pevnost menší, je-li měkčí, dostává se pevnost větší než skutečná, ale celkem nejsou odchylky větší než ± 5 *kg*.

Na stejné myšlence založen Turpinuv přístrojek k určování tvrdosti.**)

Firma Louis Schopper v Lipsku provádí přístroje Seku, inženýru Seehase a Kutzschera, jehož měřicím ústrojím tlaku jest plochá zpružina, která kuličku vytlačuje. Přitisknutím celého přístroje na zkoušený předmět svěrákem, svorcem, šroubovým lisem a pod., se vzpružina stlačí a její relativní cesta přenese ručičkou na dělení, na němž možno velikost tlaku čísti. Hotoveny jsou na největší tlaky 3000 *kg*, 1000 *kg* i menší podle návrhu německého normalisačního výboru.***)

*) Döhmer W., Beziehungen zwischen Zerreissfestigkeit und Härtezahlen nach Brinell für Eisen- und Stahlsorten von rd. 38—100 *kg* Festigkeit, Werkstattstechnik, 1919, str. 33, a

Döhmer W., Unmittelbare Ablesung der Zerreissfestigkeit aus dem Randkreisdurchmesser der Kugeldruckprobe an Eisen- und Stahlsorten von rd. 36—180 *kg* Festigkeit, týž časopis, r. 1920, str. 487.

**) Šmejkal M., Úsporná výroba, Strojnický Obzor, 1923, str. 200.

***) Ústav má takový přístroj na 3000 *kg* a 1000 *kg*.

V novější době se těší oblibě **dynamické přístroje** ke zkoušení tvrdosti a zároveň pevnosti, nepotřebující vůbec žádného upětí. Jsou konstruovány na téže základní myšlence jako samočinné důlčíky, na které se netluče, nýbrž jenom ručně tlačí.*) Přitisknutím celého přístroje na předmět se napne vzpružina, tlačící na válcové kladívko, jehož axiální pohyb jest zadržen tak dlouho, dokud zpružina není náležitě napiata, načež se kladívko uvolní a uhodí na násadu, nesoucí kuličku, která se určitým, stále stejným rázem do předmětu vtiskne.**) Přístroje tyto jsou zvláště výhodné k rychlé kontrole došlého objednaného materiálu, jakož i k vyhledávání vhodného ve skladištích, ke kontrole výrobků ve válcovnách, kovárnách a pod. Provede-li se zkouška řádně, neliší se výsledky od výsledků zkoušek statických. Pracuje se jimi pohodlně a zejména rychle, neboť není ničeho jiného třeba, než přístroj k předmětu přiložiti a přitlačiti.***)

Martens vtlačuje do předmětu, jehož tvrdost má býti určena, kuličku 5 *mm* v průměru jenom do hloubky 0·05 *mm*. aby vyloučil poměrně malým tlakem, jaký postačuje, vliv zploštění kuličky na výsledek, který Brinell zanedbává. Měrou tvrdosti je **tlak**, kterého třeba, aby kulička byla vtisknuta do uvedené hloubky. Martensův stroj je opatřen zařízením k přímému měření hloubky vniku h. Další jeho přednost lze spatřovati v tom, že dělá na všech látkách shodné důlky. Užívá se zejména k přesným vědeckým pracím laboratorním.†)

Ludwik určuje tvrdost zakaleným, ocelovým kuželem s vrcholovým úhlem 90°, který vtlačuje měřitelnou silou P (obr. XIV.) do zkoušeného materiálu a měří hloubku vniku h zvláštním hloubkoměrem hned při zkoušce. Tvrdost vyjadřuje hodnotou

$$T_2 = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2}} = \frac{P}{1{\cdot}11\, d^2};$$

jelikož se měří pohodlněji h než d a $1{\cdot}11\, d^2 = 4{\cdot}44\, h^2$, je

$$T_2 = \frac{P}{4{\cdot}44\, h^2}.$$

Kuželovou tvrdostí materiálu se rozumí tedy síla v *kg* na cm^2, potřebná k tomu, aby kužel s vrcholovým úhlem 90° byl do něho vtlačen

*) Hasa Fr., Mechanická technologie III. a IV. část, obr. XI., diagr. č. 7.

**) Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, Berlín, 1921, str. 325, 1387; Černoch Sv., Strojnický Obzor, Praha, 1922, str. 12.

***) Zkušební stanice ústavu má přístroj od firmy Bedřich Werner, akc. spol. v Berlíně, a přístroj soustavy prof. R. Baumanna od firmy Hahn a Kolb ve Štuttgartě.

†) Ve zkušební stanici ústavu je stroj soustavy Martensovy od firmy Louis Schopper v Lipsku.

libovolně hluboko. Ač je předností kuželové tvrdosti před kuličkovou, že čísla tvrdosti nezávisí na velikosti tlaku, jelikož vzniklá prohlubenina jest přímo úměrna zatížení, přece se tento způsob v praksi málo ujal; pro zakalenou, nepopuštěnou ocel není upotřebitelný.

Föppl a Schwerder stanoví tvrdost stlačením dvou stejných válečků, ze zkoušené látky, položených na sebe křížem. Tvrdostí je tlak, připadající na jedničku styčné kruhové plošky. Způsob tento vyniká tím, že zkoušená látka může míti libovolnou tvrdost, takže jím může býti zkoušena i kalená ocel, což není možno metodou Brinellovou, jelikož se kulička příliš zplošťuje. Nejnovější navrhl Haig místo válečků hranoly čtverhranných průřezů, čímž se určování tvrdosti těmito způsoby ještě více zjednoduší a lze očekávati, že bude zejména poslední v praksi zaveden.

R. 1907 se vyskytl v obchodě, dnes již dosti rozšířený, Shoreův skleroskop k určování tvrdosti. Tuto má udávati velikost odrazu diamantu, zbroušeného na účinné plošce podle kulové úseče, zasazeného do spodu maličkého závaží, 2·6 *g* těžkého, které dopadá na zkoušený předmět s výše 250 *mm*. Závaží se pohybuje vzduchotěsně v broušené skleněné trubce, za kterou jest měřítko, získané rozdělením výšky odrazu závaží od zakalené destičky nástrojové oceli na 100 dílků a jejím prodloužením o 40 dílků, takže jich má celkem 140; destička je součástí přístroje. Kdyby závaží při kontrole neodskočilo na stý dílek, není diamantová úseč v pořádku. Před zkouškou zvedne pozorovatel závaží do nejvyšší polohy zředěním vzduchu v trubce nad závažím, které způsobí uvolněním smáčknutého balonku, spojeného gumovou hadicí s hořejškem trubky. V nejvyšší poloze se závaží samočinně zasmekne do zvláštního závěsu. Je-li zkoušený předmět pod trubkou, jež musí státi zcela svisle, náležitě umístěn, vtlačí smáčknutím plného balonku vzduch do pomocného ústrojí, které závaží uvolní, takže padá a pozorovatel zachytí, po náležitém cviku, na dělení velikost jeho prvého zpětného odrazu.

Konstrukce přístroje založena jest na předpokladu, že se závaží odrazí tím více, čím tvrdší je materiál, čemuž však ve skutečnosti tak není, jelikož odraz závisí nejenom na tvrdosti, ale ve veliké míře i na pružnosti materiálu, jak ukazuje následující řada, sestavená podle odrazu ocelové kuličky ze zkoušek provedených Fréminvillesem. V řadě té, měkké plávkové železo, litina, kaučuk, mramor, sklo, kalená nástrojová ocel, má býti každý následující člen tvrdší, čemuž zřejmě tak není. Z uvedeného plyne, že skleroskopem možno porovnávati jenom tvrdosti výrobků z téhož materiálu, na př. zkoušeti rozdíly dosažené kalením, ve kterémž případě koná dobré služby, nikoli však k určování tvrdosti různých látek vůbec. Udává tvrdost bez jakékoli poruchy zkoušené látky a každého místa předmětu, nad které může býti postaven. Jest však jeho základní chybou, že nelze kontrolovati jeho údajů, kteréž podmínce má vyhovovati každý zkušební stroj i přístroj, neboť není jisto,

že stejný stroj, dodaný na jiné místo, dává shodné výsledky, jež tedy závisí na spolehlivosti a svědomitosti dodavatele.*)

O účinnosti kalení by dávala dobrý obraz zkouška tahem, kterou materiál není namáhán jenom na povrchu, jako zkouškou tvrdosti, ale i uvnitř. Činí však potíže zhotoviti pro ni normální zkušební tyče v celé délce stejnoměrně zakalené; i jejich upínání, zejména bez hlav, by nebylo snadné. Proto navrhl Stribeck, jelikož pevnost v tahu stejnorodé, tvrdé oceli se neliší podstatně od pevnosti v ohybu, nahraditi zkoušku pevnosti v tahu zkouškou ohybem, ke které stačí malá zkušební tělíska, na př. 10 *mm* v průměru, 30 *mm* pozorované a 75 *mm* úhrnné délky, která lze bezvadně zakaliti.

V. Stroje ke zkoušení statických pevností.

(Diagr. č. 25. a tabulky 42. až 49.)

1. Hlavní části zkušebních strojů.

Stroje tyto se staví buď na zkoušení každé jednotlivé pevnosti, v tahu, tlaku, ohybu, smyku, střihu a kroucení zvláště, tedy jako stroje speciální, nebo jako stroje universální, tak vypravené, aby na nich mohlo býti určováno více pevností.

Jak již vpředu řečeno, má největší důležitost zkouška pevnosti v tahu, také nejčastěji prováděná. Nejjednodušší tvar stroje na takovou zkoušku znázorňuje obr. V., tab. 42. V horní části rámu R uložena dlouhá matka v tak, aby se mohla ozubeným kolem r_4, na ní naklínovaným, jenom otáčeti. Na kolo r_4 přenášen pohyb ručního kolečka r kuželovými koly r_1, r_2 a pastorkem r_3. Šroub $š$, procházející matkou, spojen s křížovou hlavou k, posuvnou po vedení c a zamezující jeho otáčení. Horní hlava zkušební tyče t jest uložena v upínací hlavě h_1, připojené ke křižáku k, kdežto spodní drží upínací hlava h_2, spojená táhlem n s pákou p, otočnou kolem osy o_1. Na páce se posouvá závaží Q; malé závaží z, za otočným bodem, vyrovnává váhu páky p, táhla n a hlavy h_2. Otáčí-li se matkou v tak, aby se šroub $š$ pohyboval vzhuru, a zároveň posouvá závaží Q v pravo, aby páka nezměnila své vodorovné polohy, bude tyč t napínána. Velikost napínací síly možno stanoviti v každém okamžiku z hodnot a, b a Q.

*) O zkoušení tvrdosti viz dále:

Ludwik P., Die Härte der technisch wichtigsten Legierungen, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, Berlín, 1917, str. 549.

Shore A., Hardness-testing, Engineering, 1918, str. 444.

Weizenegger F., Beitrag zur Härteprüfung, Forschungsheft č. 238, Verein d. Ingenieure, Berlín, 1921.

Herbert E., Pendelhärteprüfer, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, Berlín, 1923, str. 864.

Jako na tomto stroji, lze rozlišiti i na každém jiném rám, ústrojí napínací a měřicí.

a) Ústrojí napínací.

Vyvozuje ve zkoušené tyči žádoucí napětí, což má konati klidně, bez rázů. Napíná buď mechanicky nebo hydraulicky. Mechanické napínání je konstruktivně jednodušší, se snazší obsluhou, kdežto druhé vyžaduje složitějšího zařízení, je však výkonnější a pohodlnější. Proto se volí pro zkušební stroje menších výkonů a tehdy, když má býti stejné napětí udrženo delší dobu beze změny, napínání mechanické šroubem a matkou, jaké právě poznáno. Pro větší síly a tehdy, když není třeba stálého tlaku po delší dobu, neboť těsnění vždy poněkud propouští, volí se napínání hydraulické s válcem a pístem, tedy hydraulickým lisem.

Při mechanickém napínání není však do převodu mezi ruční kolečko a matku vložen toliko jediný šroubový převod, nýbrž převody dva, aby mohly býti vyvozeny síly dostatečně veliké. A teprve šroubem druhého převodu se otáčí ručně nebo transmisí, po případě elektromotorem s proměnlivým počtem otáček. Transmisní pohon vyžaduje ještě ústrojí, které umožňuje změny rychlosti pohybu šroubu podle toho, jak přesně a rychle má býti zkouška provedena. Další předností mechanického napínání, hodícího se do největšího výkonu 50 *t*, jest, že jím lze zatěžovati stejnoměrnou rychlostí netoliko v průběhu jedné zkoušky, nýbrž i při zkouškách různých, a že možno třecí stropní předlohou určitou rychlost zcela přesně docíliti. Stroje firmy Mohr a Federhaff pracují největší normální deformační rychlostí 30 *mm* v min.

Hydraulické napínání lze vyvoditi vpuštěním stlačené tekutiny, na př. vody z městského potrubí, do hydraulického válce. Nestačí-li její napětí, může býti zvětšeno multiplikátorem, skládajícím se ze dvou hydraulických válců, často svislých, umístěných nad sebou, se společným, nestejně silným pístem. Mírněji napiatá voda, vevedená pod píst většího válce, napne vodu v menším válci na žádoucí výši.

Není-li napiaté tekutiny po ruce, vtlačuje se nenapiatá do lisů ručním nebo strojním čerpadlem. Nejjednodušší a nejlacinější jest jednostupňová nebo vícestupňová ruční pumpa, která v mnohých případech stačí. Často bývá se dvěma až třemi různě silnými písty, tak upravenými, aby silnější mohl býti okamžitě nahrazen slabším, když odpory při čerpání stoupnou. Pak lze bez velkého namáhání vyvoditi napětí až 200 *at*.

Strojní pumpy, hnané transmisí nebo elektromotorem, hodí se zejména do stanic, v nichž má býti konáno velice mnoho zkoušek. V tomto případě se doporučuje, aby voda nebyla vtlačována přímo do hydraulického válce zkušebního stroje, nýbrž napřed do akumulátoru, zatíženého na žádoucí napětí, a teprve z něho vpouštěna do stroje,

případně do několika strojů. Tím odpadnou škodlivé rázy čerpadel na zkoušený materiál a napínání jest klidné, pozvolné.

Vodní akumulátor (obr. VI., tab. 42.) jest obrácenou pumpou; má píst pevný a válec pohyblivý. Hladký, osoustružený sloup *i*, osazený v části *a*, zastupující píst, jest uložen dole v patce *c*, nahoře v konstrukci *L* z travers, a provrtán, jak zřejmo z obrazce. Na něm může se pohybovati nahoru a dolů náležitě utěsněný válec *b*, zatížený závažím *z*, ležícím na desce *d*. Nepotřebují-li zkušební stroje tolik vody, kolik jí přichází od pump, nebo nepotřebují-li jí vůbec, vchází vrtáním sloupu do válce *b*, který zvedá. Opak se děje, když se vody nedostává. Na obrazci nakreslen válec v nejnižší poloze, ve které dosedá na náražku *n*. Akumulátor se opatřuje samočinným zastavováním a spouštěním pump, dostoupil-li jeho válec nejvyšší polohy nebo klesl do nejnižší.

Nejnověji se nahrazuje vodní akumulátor, zabírající značně místa, akumulátorem vzdušním, tvaru výtlačného větrníku, od něhož se liší tím, že se v něm udržuje zvláštní ventilovou konstrukcí trvale určité nejmenší napětí vzduchu. I tento akumulátor se opatřuje samočinným vypínáním, byl-li vzduch stlačen na největší přípustné napětí a samočinným spouštěním kompresoru, klesl-li tlak na napětí nejnižší. Vzdušní akumulátor se volí pro jednotlivé zkušební stroje, jakož i pro několik strojů, pracují-li střídavě, kdežto vodní akumulátor pro několik strojů, pracujících současně.

Tlakovou tekutinou v hydraulickém válci jest buď voda nebo olej, také glycerin, nebo jeho směs s vodou. Vody se užívá tehdy, když lis jest utěsněn koženými manžetami, oleje v lisech bez ucpávek, utěsněných zabroušením ploch, a glycerinu nebo jeho směsi s vodou, když by hrozila možnost zamrznutí. Tlaková voda bývá napiata na 150—250 *at*.

Příklad konstruktivní úpravy hydraulického lisu udává obr. I., tab. 43. Válec *a* jest buď litinový nebo z ocelové litiny; jenom tehdy, přestoupí-li napětí tekutiny 500 *at*, bývá z kované oceli. Píst *b* bývá litinový; nejvýše jest poměděn nebo potažen vrstvou mosazi, aby nerezavěl. Koženou těsnicí manžetu *m* přidržuje kroužek *n*, na který tlačí matka *k*, našroubovaná na osazený píst. Vevede-li se napiatá tekutina do válce vstupním otvorem *1* při zavřeném otvoru vypouštěcím *2*, bude se píst pohybovati dolů a vyvodí tlak, jehož největší hodnota, bez ohledu na tření, bude rovna ploše pístu, násobené napětím tekutiny.

b. Ústrojí měřicí.

Udává velikost síly, vyvozené ústrojím napínacím. Měří ji buď mechanickými vahami nebo pomůckami hydraulickými. Jelikož při zkoušce nutno zatížení zvětšovati, musí také ústrojí měřicí snésti stupňované zatěžování. Mechanické váhy jsou buď pákové (Hebelwagen), nebo sklonné (Neigungswagen) i zpružinové

(Federwagen) a vyrovnávají vyvozenou sílu buď po přítržích, stupňovitě, nebo nepřetržitě.

Po stupních vyrovnávají sílu pákové váhy s miskou. Jejich nejjednodušší tvar naznačuje obr. II., tab. 43., na kterém značí *o* otočný bod páky, na jejímž kratším rameni jest závěs pro zkušební tyč *t* a protizávaží *z*, udržující rovnováhu ve stavu nezatíženém, na delším miska na vyrovnávací závaží *q*. Velikost tahu *P*, vyvozeného ústrojím napínacím, se určí stanovením protitahu, způsobeného závažím *q*. Při vodorovné poloze páky, ve které jest rovnováha, již udává pevný jazýček r_2, bude

$$P = \frac{b}{a} q.$$

Zvětší-li se tah *P*, zdvihne se rameno s miskou a třeba přidati na ni další závaží, aby přivozena byla rovnováha a mohla býti určena velikost tahu.

Veliké síly vyžadují velikého převodu ramen *a* a *b*, aby nebylo třeba těžkých závaží *q*. Má-li se proto rameno *a* provésti velice krátké, pak nelze vykonstruovati na páce v bezprostřední blízkosti podpory *o* i závěs pro zkušební tyč. V takových případech užije se pák diferenciálních (obr. III., tab. 43.), majících kromě hlavního vahadla ještě krátké *1 2*, zavěšené na hlavním s vystřídanými délkami ramen, nebo pro síly ještě větší vah vícenásobných; dvojnásobné znázorňuje obr. IV. téže tab. Přednost zasluhují váhy jednoduché, jelikož jsou pohodlnější a zejména přehlednější. Nevýhodu měřicího ústrojí s ručním přidáváním závaží, tedy s miskou, nutno spatřovati v tom, že kromě zkoušejícího je třeba ještě pomocné síly, která závaží přidává, neboť je snahou, konstruovati zkušební stroje tak, aby je mohla ovládati jediná síla.

Poněvadž ručním přidáváním závaží, není-li dosti opatrné, vznikají nárazy na zkušební tyč, jimiž se dříve přetrhne, staví se také stroje s mechanickým přidáváním závaží. Takové mají na př. stroje Emeryho, Gollnerův, Martensův. Podstata zařízení jest patrna z obr. V., tab. 43.

Mezi dvěma sloupy S_1, S_2, spojenými příčkami M_1, M_2, M_3, leží na kroužcích (z dvojitých matek) vodicích tyčí t_1, t_2, deskovitá závaží g_1, $g_2 \ldots g_6$. Vodicí tyče jsou pevně spojeny s příčkou *m*, která může býti zvedána nebo spouštěna otáčením šroubu *s* ručním kolečkem *r*. Táhlo *T*, zavěšené na delším rameni *b* váhové páky, procházejíc volně středy závaží, má stavěcí kroužky z_1, $z_2 \ldots z_6$, vzdálené od spodní plochy závaží o délky x, $2x \ldots 6x$. Malá závaží se kladou na misku *p*. Snižuje-li se příčka *m*, dosedá jedno závaží po druhém, bez nárazů, na stavěcí kroužky tyče *T*. Nutno-li tyč více zatížiti, zavěšují se na ni napřed těžší závaží, uspořádaná podobně, pod příčkou M_3.

Nepřetržitě vyvažují tah napínacího ústrojí velice oblíbené pákové váhy s posuvným závažím (obr. VI., tab. 43.). Závaží *z*

vyvažuje zase váhu vahadla, závěsu s vrchní upínací hlavou a závaží Q v klidové poloze. Zvětší-li se síla P napínacím ústrojím, zvětší se zároveň délka ramena b posunutím závaží Q v pravo, aby se udržela rovnováha. Na rameni b jest dělení, které udává přímo zatížení P v *kg*. Aby bylo možno trhati velikým strojem, na př. 50tunovým (50 *t* je největší tah, jaký může stroj vyvinouti), s dostatečnou citlivostí i slabé tyče, užívá se kromě závaží Q ještě výměnných, na př. celkem tří, jejichž váhy se mají k sobě jako 1 : 10 : 100, aby se mohlo zatížení tyče čísti na témže dělení, ovšem po náležité, ale snadné redukci. Vhodnou volbou posuvného závaží možno také dosáhnouti, že stroj udává přímo napětí na jedničku průřezové plochy tyče. Závaží Q se posouvá na páce ručně, mechanicky šroubem, nebo i elektricky zcela samočinně. Měřicí ústrojí s posuvným závažím mají stroje firmy Mohr a Federhaff, strojírny Gravenstaden dříve Losenhausen, stroj Salabův, Wicksteedův a j.

Také nepřetržitě působí sklonné váhy s pevným závažím (obr. VII., tab. 43.), jaké mají na př. stroje Pohlmeyerovy, firem A. Amsler, L. Schopper a j. Skládají se z pravoúhlé páky, otočné kolem osy o, na jejíž kratší rameno a působí síla P, kdežto na druhém rameni b jest pevné závaží Q. O prodloužení ramena a za otočný bod se opírá ve vzdálenosti m lehká tyčinka l, vedená svisle, která přenáší výkyv ramena hedvábnou nití na ručičku r a dělení s. Je zřejmo, že se závaží Q vykloní tím více v pravo, čím větší bude tah P. Jeho velikost lze stanoviti touto úvahou: Pro rovnováhu platí rovnice

$$P \, . \, a_1 = Q \, . \, b_1, \quad \text{z níž}$$

$$P = Q \frac{b_1}{a_1} = Q \frac{b \, . \sin \varphi}{a \, . \cos \varphi} = Q \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi .$$

Jelikož je také

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n}{m},$$

bude

$$P = Q \frac{b}{a} \cdot \frac{n}{m},$$

ve které rovnici jsou vesměs konstanty až na proměnlivou hodnotu n, takže možno psáti

$$P = k \, . \, n .$$

Stačí tedy k výpočtu síly P změřiti v každém okamžiku jenom délku n. Měření to opatřuje samočinně bubínek s ručičkou a dělením. Na 50tunovém stroji Pohlmeyerově jest dělení tak provedeno, že celá otáčka ručičky odpovídá zatížení 10 *t*; na 50 *t* otočí se tedy pětkráte. Počet otáček ručičky udává zvláštní ukazatel. Sklonné váhy vyvažují velice přesně a pohodlně, neboť odpadá jakákoli manipulace závažími a jsou vyloučeny rázy.

Konečně se měří síly vahami zpružinovými. Užívá se jich většinou toliko pro malé síly, na př. na strojích ke zkoušení papíru a pod. Na větší síly třeba silných zpružin, jejichž nevýhodou jest, že ochabují.

Otočné čepy váhových pák nejsou válcové, nýbrž mají tvar ostří, která jsou zakalena a leží na pánvích, také kalených, aby uložení bylo co nejvíce citlivé. Ostří ta jsou duležitým detailem zkušebních strojů; jsou zpravidla na pákách, kdežto pánve v rámech strojů. Velmi pěkný způsob uložení obou částí ze stroje Salabova ukazují obrazy VIII. a IX., tab. 43. Ostří *a* přitlačuje k tělesu páky m_1 příložka v_1; aby svou zadní plochou dobře leželo a mohlo býti při montáži maličko posunuto, opírá se o podložky p_1, p_2, připevněné šroubky o_1, o_2. Pánev *b* přidržuje k rámové části m_2 příložka v_2.

Boky ostří svírají obyčejně úhel 100—105⁰. Ač jsou přibroušeny, přece nemohou vybíhati v matematickou hranu, kterou by ostří *a* na pánvi *b* leželo, jelikož by se velikým tlakem rozdrtilo; bylo by však velmi citlivé. Ve skutečnosti doléhá ostří úzkou, as 0·5 *mm* širokou ploškou. Čím je širší, neboli ostří tupější, tím menší bude tlak, připadající na stejnou délku *l*, a tím menší citlivost. Na zkušebních strojích se vyžaduje, aby neudávaly zatížení s větší chybou než nejvýše 1%. Délku ostří *l* třeba voliti takovou, aby sneslo zatížení a do pánve se nezamáčklo. Dlouhá ostří, na něž by připadalo menší zatížení, se zase obtížně hotoví a kalí. Proto se volí tlak na 1 *mm* délky ostří poměrně veliký, až do 400 *kg*, jak potvrzují stroje mnohokráte provedené. Tak připadá na př. na 100tunovém stroji Werderově, jenž má ostří 345 *mm* dlouhé, na 1 *mm* jeho délky tlak 290 *kg*, na 50 *t* stroji firmy Mohr a Federhaff 280 *kg*, na 50 *t* stroji Pohlmeyerově 380 *kg* a na jiných ještě více.

Hydraulické měření síly. Na strojích s hydraulickým pohonem jest nejjednodušší měřicí pomůckou perový tlakoměr, manometr, jenž udává napětí tekutiny v hydraulickém válci. Dává zcela přesné výsledky, není-li mezi pístem a válcem tření. Vyvozená síla jest pak rovna ploše pístu v cm^2, násobené napětím tekutiny v atmosférách. Uvedené platí pro lisy se zabroušeným pístem; mají-li těsnění, nutno od vypočítaného tlaku odečísti tření v manžetách, které není značné. Napětí tekutiny se měří obyčejně dvěma tlakoměry, které třeba občas zkoušeti; měření se pokládá za spolehlivé, dokud ukazují oba shodně. Žádoucno jest, chrániti je před rázy, vznikajícími v okamžiku přetržení tyče, škrticími ventilky, propouštějícími jenom pozvolna. Tlakoměry nemají míti kolíčku, pojišťujících nulové polohy ručiček, jelikož ručičky náhle uvolněné na ně narážejí a se ohýbají; také se nedoporučují ručičky vlečné.

Kromě perových tlakoměru se užívá i rtuťových. Ty jsou ovšem přesné, ale vhodné pouze pro malá napětí, nevyžadující trubice přes 2 *m* dlouhé. Mají-li býti upotřebeny na větší tlaky, vkládají se mezi ně a lisy redukční přístroje. Dobrý provádí firma A. Amsler

a spol. Jeho podstatou jest, že velmi napiatá tekutina působí na maličký píst, spojený s větším, na který tlačí rtuť tlakoměru rtuťového, jehož sloupec může pak býti nižší v poměru ploch pístových.

Dalším hydraulickým měřicím přístrojem jest siloměrná krabice (Messdose). Převádí sílu, vyvozenou ve zkušebním stroji buď hydraulicky nebo mechanicky, v kapalinový tlak a umožňuje jeho bezvadné měření citlivými tlakoměry s vyloučením tření. Může býti užita v různé úpravě k nejrozmanitějším účelům. Je v podstatě silnostěnná, nízká nádoba n (obr. XI., tab. 43.), naplněná vodou, olejem nebo rtutí, uzavřená podajnou, tenkou blanou d, buď gumovou, koženou, nebo také mosazným plechem, asi 0·3 *mm* silným. Na tomto pružném víku, připevněném k přírubě nádoby n kroužkem v_1 a šrouby, leží výztužné víko v, na které působí uprostřed síla P, jejíž velikost má býti určena. Proto spojuje krabici s nádobkou n_1, naplněnou stejnou kapalinou jako nádoba n, trubice t_1. Na spodu nádobky n_1 je však rtuť, do které sahá skleněná, dělená trubička t_2 rtuťového tlakoměru. Čím větší bude síla P, tím více prohne blánu d a tím více vystoupí rtuť v trubičce t_2, neboť krabice působí celkem jako válec a těsně vcházející píst s maličkým axiálním pohybem, takže sílu P možno měřiti výškou vytlačené rtuti. Předpokládá-li se, že průhyb blány neklade vůbec žádného odporu, je síla ta v atmosférách

$$P = \frac{h}{76} F,$$

když h jest výška vytlačené rtuti v *cm* a F účinná plocha pružného víka v cm^2. Mezera x musí býti tak malá, aby pružná blána nemohla býti do ní vmáčknuta, a na druhé straně přece tak veliká, aby nepřekážela jejímu axiálnímu pohybu, který je však nepatrný, neboť bývá nejvýše as 0·2 *mm*. Tlakové poměry v takové krabici objasní příklad, vzatý ze stroje Thomasetova s největším výkonem 25 *t*, jehož podstata je popsána na str. 363. V tomto případě působí tedy na kratší rameno páky p (obr. XI., tab. 43.) tah 25.000 *kg*. Poněvadž poměr délek ramen a a b této páky jest 1 : 5, tlačí na víko siloměrné krabice při největším výkonu 25.000 : 5 = = 5000 *kg*. Účinná plocha krabice $F = 3000$ cm^2. Připadá proto na 1 cm^2 blány tlak 5000 : 3000 = 1·66 *at*, tedy tlak poměrně malý, který vytlačí rtuť v trubičce t_2 do výše $h = 1{\cdot}66 \times 76 = 126$ *cm*. Trubička tato má takovou světlost, že vytlačená rtuť zaujala 9 cm^3 obsahu. Vykonala tedy blána cestu

$$x = \frac{9}{3000} = 0{\cdot}003\ cm,$$

aby objem ten vytlačila. Prohnula se tedy jenom o 0·03 *mm*, takže koná skutečně minimální pohyby.

Častěji než rtuťovým sloupcem měří se tlak v siloměrné krabici perovými manometry (obr. X., tab. 43.); spolehlivost měření vyžaduje zase dvou.

Siloměrné krabice se staly velmi oblíbenými, zejména v poslední době, jelikož měří přesně, podle Martense na ± 1%, jsou velice pohodlné a zabírají málo místa.*) Výška prostoru pro tekutinu v nádobě *n* se dělá nyní malá, pouze několik *mm*, ba i jenom 0·5 *mm*, jak zřejmo také z obr. I., tab. 44., znázorňujícího Martensův lis na zkoušení betonových kostek tlakem, který má býti zároveň příkladem jednoduchosti, jaké lze dosáhnouti v konstrukci stroje užitím krabice.

V hydraulickém válci *c*, neseném sloupky s_1, s_2, se pohybuje píst *a* dolů, byla-li nad něj vevedena trubkou *n* napiatá voda; po jejím vypuštění se vrací zpružinou *z*, působící na prodlouženou pístovou tyč *r*. Tlak vyvozený tímto ústrojím stlačuje betonovou kostku, vloženou mezi rovné plochy účinných částí *v*, *k*. Jeho velikost se měří krabicí *D*, jejíž dutinu tvoří dva mosazné plechy, 0·2 *mm* silné, vzdálené od sebe několik *mm*, kolkolem na okrajích spojené v celek spájením, která přichycena k rovné základní desce *p* prstenem *g*. Na vrchním podajném plechu leží výztužné víko *b*, konající s ním maličký pohyb, při kterém jest vedeno souose ocelovým pružným plechem *s*, tvaru mezikruží, s nímž je spojuje kroužek *f*. Zevnější okraj plechu přidržuje prsten *e* k části *d*, našroubované na základní desku *p*. Napětí vyvozené v krabici udávají tlakoměry, připojené na trubku *t*. Špalíček *i* s vrtáním, vložený do prohlubeniny v desce *p*, je připevněn ke spodnímu plechu pájkou. Má-li voda ve válci *c* napětí na př. 200 *at*, a je-li účinná plocha krabice 4kráte větší než plocha pístu *a*, bude v ní napětí jenom 50 *at*.

Konečně se měří hydraulické tlaky výklonem zatíženého kyvadla, tak zv. kyvadlovým manometrem (Pendelmanometr). Je v podstatě sklonnou vahou, na kterou nepůsobí však tah zkušební tyče, nýbrž tlak malého hydraulického válce, aby přenesl tlak kapaliny na kyvadlo. Jeho princip znázorňuje obr. II., tab. 44. Trubka *i* spojuje hydraulický váleček *a* se zabroušeným pístem *b* s velikým válcem lisu, jehož napětí kapaliny má býti měřeno. Jest zřejmo, že čím větší bude napětí v lisu a tedy i nad pístem *b*, tím více se kyvadlo *r* se závažím *z* vychýlí. Poněvadž je tedy výklon úměrný tlaku, možno tento určiti velikostí výchylky, měřitelnou na stupnici *P*.

Příklad kyvadlového manometru provedeného firmou Alfred J. Amsler a spol., naznačují obrazy III. a IV., tab. 47. Prostor pod pístem *E* (obr. I. a II. téže tab.) hydraulického válce *D*, jehož napětí kapaliny má býti měřeno (kapalinou jest olej), spojuje s tělesem ventilu I_1, který jest při zkoušce uzavřen, potrubí *3*. Olej tělesem prochází a vstupuje potrubím *4* do hydraulického válečku *q*, v němž má stejné napětí jako ve válci *D*. Olej tlačí na pístek *r*, jeho pohyb přenáší tyč *s* na společný čep *š* dvou plochých táhel *U* a ta na páky *V*, naklíno-

*) Bližší o nich viz: Martens A., Die Messdose als Kraftmesser in der Materialprüfmaschine, Forschungsheft č. 38. d. Vereines deutscher Ingenieure.

vané na hřídeli *R*. Hřídel se natáčí a s ním i páka *S* se závažím *Z*. Výklon páky udává velikost síly, kterou olej tlačí na pístek *r*, a ukazuje ji ručička *y* na číselníku *t*. Ručička je totiž spojena s ozubeným kolečkem *x*, do něhož zabírá ozubená tyčinka *z*, již posouvá rameno *T*, naklínované také na hřídeli *R*.

Upevní-li se rovnoběžně s tyčinkou *z* indikátorový válec *P*, povléknutý papírem, a na ni tužka *ž*, mohou býti tlaky samočinně zapisovány, a nakreslen vztah mezi zatížením a prodloužením, tedy narýsnuta křivka *A* obrazů VIII.—XI., tab. 38. Aby přístroj zapisoval i prodloužení, nanášená na osu úseček, je třeba, aby bubínek dostával zároveň otočný pohyb kolem své osy, závislý na prodlužování zkušební tyče, což opatřuje jemná šňůra, ovinutá několikráte kolem jeho spodku, vedená kladkami a připevněná druhým koncem k nosníku *G*, který se při zkoušce zvedá, prodlužuje-li se tyč *i* (obrazy I.—IV., tab. 47.). Při tom se předpokládá, že závěsy hlav j_1 a j_2 se zkušebním tahem neprodlužují. Váhu táhel *U* vyvažuje páka *u* se závažím *v*. Byla-li zkušební tyč přetržena a tlak přestal, otevře se ventil I_1, kterým přetéká olej z potrubí *4* potrubím *5* do pumpy *M*, kyvadlo klesá, ručička se vrací, neboť tyčinku *z* tlačí na uhýbající rameno *T* závaží, jež není kresleno. Do pumpy přetéká také olej potrubím *6*, když píst *E* vystoupí do nejvýše přípustné polohy.

Závaží *Z* možno na kyvadle přestavovati, aby manometr byl přizpůsoben očekávanému největšímu odporu, jelikož by se při malých silách vychyloval jenom nepatrně, a zkouška nebyla náležitě přesná. Závaží lze přestaviti obyčejně tak, že manometr může pracovati netoliko největší výkonností, kdy závaží jest nejníže, nýbrž i její $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{10}$, kdy závaží jest výš a výše (netřeba tedy závaží výměnných). Uspořádáním tímto se přizpůsobuje citlivost měřicího přístroje tloušťce zkušební tyče a pevnosti materiálu. Závaží může býti přestaveno i průběhem zkoušky, když se poznalo, že bylo postaveno na malý tlak nebo na příliš veliký. Jelikož mezi válečkem *q* a pístem *r*, který nemá ucpávek, nýbrž jest jenom zabroušen, nemá býti tření a mohlo by vzniknouti uvázlými nečistotami nebo usazeninami, uvádí se pístek *r* buď občas nebo i trvale do rotačního pohybu. Hřídel *R* leží v kuličkových ložiskách.

c. Zařízení upínací.

Jsou pomucky, jimiž se upínají zkušební tyče i celé předměty do strojů. Mají býti tak konstruovány, aby zajistily souosé namáhání zkoušeného materiálu a vyloučily každé namáhání jiné, na př. ohybem, zkoušena-li pevnost v tahu. Proto dostávají kulový nebo válcový tvar, aby se mohly maličko v pevných částech stroju, v hlavách, natočiti a souosost zajistiti. Některé příklady upínacích zařízení pro zkoušky pevnosti v tahu jsou nakresleny na tab. 44; o upínacích zařízeních pro ostatní druhy zkoušek byly již učiněny stručné zmínky nebo ještě budou.

Příklady upětí *zkušebních tyčí s hlavami* znázorňují obrazy III.—V. Podle obrazů III. provedeno upínací zařízení na zkušebním stroji firmy *Mohr a Federhaff*, starší konstrukce, nakresleném na diagr. č. 25. Upínací hlava *h* má výsuvný rámek *v*, ve kterém leží na kulové ploše o poloměru *r*, přesně zpracované a mazané, válcová vložka *a*, ukončená nahoře shodnou plochou kulovou. Při rámku, vytaženém co nejvíce ve směru šipky, prostrčí se vložkou zkušební tyč a její sesílený konec podchytí dvojdílným kroužkem *b*, načež se rámek do hlavy zcela zasune. Není-li dosedací ploška hlavy tyče, ležící na kroužku *b*, zcela rovná a kolmá k její podélné ose, má se vložka *a* tak natočiti, aby vyloučen byl ohyb, kterým by tyč byla také namáhána. Spodní konec tyče se upíná do shodného zařízení. — Také kulové uložení má vložka *a* s dvojdílným kroužkem *b* v probrané hlavě *h*, znázorněné obrazem V. — Upínací hlavy *h* novodobého 50 tunového zkušebního stroje jmenované firmy (obrazy IV.) mají válcové vrtání, do kterého se vsune vložka *a*, jejímž otvorem byla prostrčena hlava zkušební tyče a podchycena dvojdílným kroužkem *b*, až dolehne k příčné narážce *p*, čímž zajištěna souosost zkušební tyče a stroje. Aby bylo možné natáčení i v rovině, procházející osou válcové vložky, má závěsná tyč *s* ještě uložení kulové, jak patrno z obr. V., tab. 45.

Nemá-li zkušební tyč na koncích *osazených hlav*, opatří se buď závitem (obr. VI., tab. 44.), jímž se zašroubuje do matky *a*, na spodku kulové, nebo se sevře, je-li vůbec v celé délce stejně silná klínovými, ocelovými čelistmi p_1, p_2 (obr. VII.), na vnitřních plochách lomenými a rýhovanými, které se opírají svými zadními, šikmými plochami o shodně skloněná probrání ve vložce *a*, ležící zase kulovou plochou na hlavě *h*.

Ploché tyče se upínají různě; často způsobem právě popsaným, jenže klíny p_1, p_2 jsou širší a rovné i na vnitřních, zdrsněných plochách. Jiný způsob udávají obrazy VIII. Rozšířený konec tyče *t* uloží se přesně do středu délky vnitřních zdrsněných ploch klínů b_1, b_2 a tyto sevrou šrouby se zapuštěnými hlavami, patrnými v pravém obrazci. Tyč s klíny se zastrčí do vložek a_1, a_2 tak daleko, až jejich levá čela (vzhledem k pravému obrazci) narazí na narážky *n*, připevněné k levým koncům vložek, čímž zabezpečeno ztotožnění osy tyče s osou stroje. Levé konce vložek a_1, a_2, ve válcovém probrání hlavy poněkud otočných, drží čípky, vcházející s větší vůlí do děr v pevné příčce *p*, a pravé konce krátké kolíčky v hlavě *h*, na které zapadají také s větší vůlí díry v uchách c_1, c_2, připevněných k pravým koncům vložek.

Hnacích *řemenů* nelze svírati rýhovanými čelistmi, jelikož by je zoubky rýh poškozovaly, a trhaly by v čelistech. Stiskují se proto čelistmi plochými nebo příčně zvlněnými, které se dobře osvědčily. *Konopná lana* se upínají buď dlouhými klínovitými čelistmi nebo zalévají do litinových pouzder slitinou z 1 d. Sn, 1 d. Pb a 2 d. Bi. Nejnověji se upínají

s vyloučením každého poškození jednotlivých vláken do zvláštních hlav, majících tvar lanových kotoučků, na nichž drží třením.

D r á t ě n á l a n a, ovinutá na koncích vyžíhaným drátem, aby se nerozplétala, svírají se dvojdílnou čelistí, na zevnějšku kuželovou, uvnitř vylitou vhodnou slitinou. Čím více jest lano napínáno, tím více se vtlačuje do slitiny, která zachycuje jeho jednotlivé prameny i dráty. Čelisti jsou výměnné podle tloušťky lana. — Jednotlivé prameny i slabá, dokonale ohebná lana, zkoušejí se nyní také ovinuta kolem kotoučků, podobně jako lana konopná nebo bavlněná. — V některých zkušebních ústavech zalévají konce lan způsobem, který naznačuje obr. IX. Konce lan, protažené litinovými pouzdry *n*, se ováží ve vzdálenosti $b =$ asi 250 *mm* drátem v šířce $a = 50$ *mm*, rozpletou, dráty od sebe oddělí, vyrovnají, očistí petrolejem a benzinem, nejsou-li pozinkovány leptají kyselinou, načež se vtáhnou do pouzder, ohřejí i s nimi spájecí lampou a zalijí ve vodorovné poloze náležitě horkou a dobře promíchanou slitinou; dobře se osvědčila ze 68% Pb, 12% Sb a 20% Sn. Po ztuhnutí slitiny se obě pouzdra ostře zakalí, aby dráty, změklé horkou slitinou, zase ztvrdly, a lano netrhalo v upínací hlavě. Konce lan mohou býti zality také ve svislé poloze, ale pak musí míti i c e l é lano svislou polohu, nikoli snad jenom jeho konce. — Lana se upínají také tím způsobem, že se na ně navléknou válcové, plné objímky, na zevnějších koncích kuželovitě rozšířené, ováží v udané vzdálenosti, jednotlivé dráty uvolní, načež po vtažení do objímek se vrážejí mezi ně v kuželových plochách táhlé dřevěné klínky, až je kužel zcela vyplněn. Volná zkoušená délka lana má býti alespoň 1·5 *m*.

Ř e t ě z y jsou článkové nebo kloubové. Pevnost článkových se zkouší buď na několika článcích, z řetězu vyňatých, nebo přímo. V prvém případě se provléknou koncovými články ohnuté třmeny, poněkud silnější než články a upnou do klínovitých čelistí. V druhém případě možno užíti hlav, znázorněných obrazy X. Řetěz vložený do žlábku hlavy *h* se zachytí dvěmaválečky *c*, jež se zastrčí do hlavy shora, aby se opřely jak o ni, tak o jeden z článků, a pojistí kolíkem *d*, provlečeným uchy hlavy, aby nemohly vyskočiti. Kloubové řetězy se pojišťují v upínacích hlavách příčnými kolíky.

2. Vlastní stroje.

Kombinací jednotlivých tvarů napínacích a měřicích ústrojí vznikly různé zkušební stroje, které jsou podle polohy zkoušeného předmětu buď s t o j a t é nebo l e ž a t é. Stojaté se hodí lépe ke zkoušení krátkých předmětů tahem i tlakem, jelikož lze na nich snáze docíliti souosého namáhání a odstraniti vliv vlastní váhy upínacích zařízení i předmětů samých na výsledky. Ležaté jsou vhodné ke zkoušení dlouhých předmětů, lan, řetězů, řemenů, sloupů, mostních článků i celých konstrukčních součástí a nezůstávají za stojatými, je-li postaráno o dokonalé, tření prosté vedení jejich součástí mezi zkoušeným předmětem a ústrojím měřicím.

Celkem možno zkušební stroje na konstrukční materiál rozděliti na čtyři skupiny. Prvou tvoří stroje s mechanickým napínáním a mechanickým měřením síly, druhou stroje s mechanickým napínáním a hydraulickým měřením, třetí stroje s hydraulickým napínáním a mechanickým měřením síly a čtvrtou stroje s hydraulickým napínáním i měřením. V dalším budiž popsán z každé skupiny alespoň jeden stroj se zvláštním zřetelem ke strojům zkušební stanice ústavu, kdežto významnější z ostatních, do ní patřících, mohou býti jenom vyjmenovány. Třeba ještě připojiti, že buďou uvedeny především stroje původních konstrukcí, jelikož dnes staví hlavní firmy stroje nejen na př. s mechanickým ústrojím napínacím a měřicím, nýbrž i stroje s mechanickým napínáním a hydraulickým měřením a pod., takže jejich nynější výrobky patří do několika skupin, po případě i do všech. Také hotoví kromě universálních strojů speciální, ke zkoušení jednotlivých pevností.

a. Stroje s mechanickým napínáním i měřením.

Příkladem, charakterisujícím tuto skupinu, nechť je stroj firmy Mohr a Federhaff v Mannheimu, původní konstrukce, na 50 *t* největšího výkonu, kteráž velikost se nejčastěji staví, nakreslený na diagr. č. 25.*) Napínání opatřuje šroub, pohybovaný na malých strojích nebo při určování pružných vlastností materiálu ručně, na větších buď transmisí se stropní předlohy s proměnlivým počtem otáček, nebo elektromotorem, jehož otáčky jsou měnitelné. Měřicí ústrojí jest pákové s posuvným závažím; pákový převod dvojnásobný, prvý v úpravě diferenciální.

K základnímu rámu *A* přišroubován je stojánek *B* se dvěma sloupy *C*, spojenými nahoře příčkou *D*, pro součásti ústrojí napínacího i měřicího, a v rovině souměrnosti třetí sloup *E*, nesoucí další části ústrojí měřicího. Napínací ústrojí se skládá z dlouhého šroubu *f* a matky *d*, vložené do stojánku *B*, na kterou je naklínováno šroubové kolo *c* tak, aby se mohla jenom otáčeti, nikoli však axiálně posouvati. Na nových strojích zachycuje axiální tlak šroubu kuličkové ložisko *k* (obr. I., tab. 45.). Do kola *c* zabírá krátký šroub *b*, sedící na hřídeli *n* (obr. II., tab. 45.), jehož axiální tlak zachycen kuličkovým ložiskem *p*. Šroub *b* se uvádí do pohybu buď ručně klikou k_1 (diagr. č. 25.) a ozubenými převodními koly *3*, *4*, *5*, jak naznačeno tečkovaně, nebo strojně řemenovým kotoučem *a* s proměnlivým počtem otáček, má-li býti možna měna rychlosti napínání, nebo také elektromotorem.

Pohybuje-li šroubem *b* jeden z těchto prostředků, posouvá se šroub *f* axiálně, když utažením stavěcího šroubku, patrného na obr. II. a působícího

*) Ve zkušební stanici je stroj shodné konstrukce, vypravený toliko pro zkoušky tahem, s největším výkonem 30 *t*, zapůjčený býv. Spojenými strojírnami na Smíchově, nyní Akc. společností dř. Škodovy závody, a stroj na 1 *t*.

na hřídel kuželového kolečka *1*, jest zamezeno, aby se točil. Šroub *f* spojen s částí g_2 tak, aby se v ní mohl sice otáčeti, nikoli však posouvati. Část tu spojují s upínací hlavou *g* dva ploché pásy, jejichž ucha *u*, objímajíce vedení na sloupech, zamezují natáčení upínací hlavy kolem svislé osy a zkrucování upiaté tyče. Úpravu vedení na novodobých strojích ukazuje obr. I., tab. 45. Aby bylo možno upínací hlavu před zkouškou nebo po ní rychle zvednouti nebo spustiti s vyloučením jednoho šroubového převodu, lze šroubem *f* točiti také přímo, klikou *k* a kuželovými kolečky *1*, *2*, když byl uvolněn stavěcí šroubek, o němž byla již učiněna zmínka (*r* na obr. I′, tab. 45.). Otáčí-li se klikou *k*, točí se i šroub *f* a vystupuje z matky *d*. Má tedy šroub *f* rychlý axiální posuv, otáčí-li se jím samým, a pomalý, když se otáčí jeho matkou.

Rychlost řemenového kotouče *a* může býti měněna třecím soukolím zvláštní stropní předlohy, naznačené schematicky obrazy III. a IV., tab. 45. Rotační pohyb transmise nebo hnacího motoru přenáší na předlohu kotouč *b*, konající stálý počet otáček. Jeho okraj tvoří zároveň třecí kotouč, s nímž zabírá druhý, menší, *c*, posuvný na hřídeli *v* s procházející drážkou. Posuv kotouče *c*, sedícího na peru, bývá opatřován ze spodu řetízkem, vedeným přes kotouček *r*, jehož náboj jest matkou šroubu *s*, který nese vidlici, objímající krček třecího kotouče *c*. Hřídel *v* i šroub *s* jsou uloženy v konsolách A_1, A_2, připevněných ke stropu a spojených trámcem *B* s ložiskem pro hřídel třecího kotouče *b*; axiální tlak zachycuje příložka *C*. Otáčen-li řetězový kotouč *r*, posouvá se šroub *s* i kotouč *c*, a mění rychlost hřídele *v*, jelikož se mění převod. Hřídel nebude míti žádné rychlosti, bude-li kotouč *c* právě uprostřed kotouče *b*, a největší, budou-li se kotouče stýkati na obvodu. Přejde-li kotouč *c* s jedné strany kotouče *b* na druhou, změní se i smysl otáčení hřídele. Tímto zpusobem měnitelný pohyb hřídele *v* přenáší na zkušební stroj řemenový kotouč *d* a řemen.

Tah, vyvozený šroubem *f* směrem dolů, vyvažuje ústrojí měřicí, k němuž patří především upínací hlava *h* (diagr. č. 25.), do které zapiat horní konec zkušební tyče *t*. Hlava visí na dvou plochých pásech *n* s pánvemi *o*, ležícími na ostřích *s*, zasazených do spodní páky diferenciálního ústrojí, zavěšené táhly *w* na hlavním vahadle *m*. Klouby v závěsech jsou z ostří *x* a pánví *y*. Otočný bod vahadla *m* leží vzhledem k obr. II. několik *mm* ze středu stroje na levo. Napínací tah, zmenšený v poměru délek ramen *x*, *y* (obr. I., tab. 45.), přenáší táhlo w_1 na druhou páku váhovou w_2, otočnou kolem osy o_2. Jak tento otočný bod, tak i závěsy táhla w_1, jsou vytvořeny zase z ostří x_1 a pánví y_1. Závaží *z* na páce *m*, jakož i z_2 na páce w_2, vyrovnávají vlastní váhy jmenovaných částí a závěsných táhel.

Po páce w_2, opatřené dělením udávajícím zatížení v *kg*, posouvá se závaží z_1 s vyrytou ryskou jako ukazatelem. Posuv opatřuje šroub *š* (viz také obr. I. na tab. 46.), uložený na páce w_2, tedy zároveň s ní kývající, jímž se točí hřídelíkem t_1, upevněným na nehybných částech stroje, ozube-

nými kolečky *6, 7*. Jsou úzká, zabírají s vůlí a tak posazena, aby jejich rovina souměrnosti procházela otočnou osou o_2 páky w_2, a vrchní se mohlo zároveň s pákou vykláněti. Hřídelíkem t_1 se točí růžicemi, sedícími na jeho koncích.

Jakmile se při zkoušce zatížení zkušební tyče *t* počne zvětšovati, nutno závaží z_1 posouvati v levo, aby páka w_2 byla udržována v rovnováze a její jazýček l_1 souhlasil s pevným ukazatelem l_2, neboť jenom v této poloze páky w_2 odpovídá dělení skutečnému zatížení. Správné posouvání závaží způsobuje sice zkoušejícímu s počátku jisté potíže, které však po dostatečném cviku snadno překonává. Firma staví popisované stroje i se samočinným, elektrickým posuvem závaží. Na strojích 50 *t* složeno závaží z_1 ze dvou částí, spodní a horní. Odstraní-li se horní, možno vyrovnávati zbylou dolní částí tah nejvýše 5 *t*.

Je-li stroj opatřen indikátorem, může kresliti samočinně vztah mezi zatížením a prodloužením zkoušeného materiálu. Hlavní součástí indikátoru jest bubínek i_1 (obr. II., diagr. č. 25. a obr. I., tab. 46.), s napiatým papírem. Ovine-li se šňůra, která se nevytahuje (tahem neprodlužuje), několikráte kolem spodní části bubínku, její jeden konec vede přes kladičku k_1 a zatíží závažím z_4, kdežto druhý připojí ke zkoušené tyči podle obrazu II., tab. 46., je zřejmo, že každé prodloužení tyče pootočí bubínkem, rýsuje vodorovné. Když se zkoušejí normální tyče, jsou objímky m_1, m_2 upiaty ve vzdálení pozorované délky 200 *mm*. Svislice na diagramu musí souviseti se zatížením. Proto se připojí šňůra, ovinutá kolem kotouče *D* a k němu připevněná, k posuvnému závaží z_1. Posouváno-li v levo, otáčí kotoučem *D*, čímž se navíjí na váleček *d* jiná šňůra, přichycená k tyčince *j*, dobře vedené, nesoucí raménko s tužkou, která stoupajíc, rýsuje zatížení. Prodlužuje-li se napínaná tyč, narýsne tužka poznanou křivku *A* (obr. VIII.—XI., tab. 38.); zpětný pohyb tužky opatřuje závaží z_3.

Mají-li býti na popsaném stroji konány zkoušky tlakem, musí býti doplněn zařízením, jež by umožňovalo upětí předmětu podle obr. XII., tab. 41. Jeho konstruktivní provedení znázorňují obrazy III. na diagr. č. 25. Na ostří *s* páky *q* se pověsí místo táhel *n* s hlavou *h* delší táhla n_1, s hlavou h_1 a kulovou vložkou c_1, a místo hlavy *g* hlava g_1 s druhou vložkou c_1, nesená čtyřmi sloupky *e*, zasazenými do části g_2. — Pomocné ústrojí pro zkoušky střihem udávají obrazy IV. téhož diagr. — Pro zkoušky pevnosti v ohybu třeba pomůček, jimiž se předmět zapne podle náčrtku III., tab. 46.; kdyby stroj byl lisem, upial by se předmět podle náčrtku IV. téže tab.

Firma Mohr a Federhaff staví zkušební stroje na 250 a 400 *kg*, na 1, 1·5, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 75 a 100 *t* největšího výkonu. Stroje na 250 *kg* až 1·5 *t* mají jeden sloup, ostatní nyní toliko po dvou, a měřicí ústrojí v rovině těchto sloupů (obr. I., I'. a II., tab. 45.), kdežto dříve stálo k ní kolmo (viz diagr. č. 25.), a stroje měly tři sloupy; jsou proto novodobé

stroje mnohem jednodušší a elegantnější. Šrouby S_1, S_2, procházející sloupy C_1, C_2, přitahují příčku *B* k rámu *A*. Vedení V_1, V_2 traversy *u*, v níž upínací hlava uložena kulově, jest válcové. Pro zkoušku tlakem se zašroubují táhla *e* (obrazy III., diagr. č. 25.) do děr s_1, s_2.

Stroji s výkonem 250 a 400 *kg* zkoušejí se různé látky, sukna, provazce, zpružiny, tenké dráty, pásky kartonu, zinku a pod. Největší průměr zkušební tyče, jenž může býti zkoušen, jest 2·5 *mm*. Na strojích 1 a 1·5 tunových se zkoušejí dráty do tloušťky 4 a 7 *mm*, pásky kůže, železa, oceli, mědi a pod.; bývají zařízeny i na zkoušky tlakové. Strojů 3 a 5 tunových se užívá ke zkoušení silných drátů, do průměrů 10 a 13 *mm*, jakož i plochých pásků; jsou zařízeny také na zkoušky tlakem a ohybem. Silné dráty do tloušťky 15, případně 20 *mm*, prameny lan, oblé i ploché tyče různých látek se zkoušejí na strojích 10 a 20 tunových, které bývají také vybaveny pro zkoušky ohybem, tlakem a střihem. Stroje s výkonem 30 *t*, na nichž možno trhati oblé tyče do 25 *mm* v průměru, bývají universální, tedy tak zařízeny, aby na nich mohly býti zkoušeny pevnosti všech druhů. Nejrozšířenější jsou universální stroje 50 tunové, stačící na tyče až 30 *mm* v průměru. Stroje 75 tunové hodí se ke zkoušení silných železných i ocelových tyčí do 35 *mm* v průměru, pro velmi čilý provoz, na př. v hutích. Nejpevnější železné i ocelové předměty do průměru 40 *mm* se zkoušejí na strojích 100 tunových. — Firma staví větší stroje nejen s napínáním mechanickým, nýbrž i hydraulickým a obojím měřením.

Z dalších strojů, patřících do této skupiny, buďtež uvedeny nejdříve ty, které se popsanému nejvíce podobají: Alsaské strojírenské společnosti Gravenstaden se stojanem, jehož tvar odpovídá stojanu, znázorněnému obrazem V., tab. 42., a obrácenou úpravou strojů firmy Mohr a Federhaff, neboť mají napínací ústrojí nahoře a měřicí dole; stroje Düsseldorfské akc. společnosti dříve S. Losenhausen, zcela podobné novějším strojům firmy Mohr a Federhaff se dvěma sloupy, s napínáním buď mechanickým nebo hydraulickým a mechanickým měřením síly dvojnásobnými pákovými vahami s posuvným závažím, a potom stroje: Fairbanksův a firem Tinius Olsen a spol., Riehle atd. Zkušební stroje od Rudeloffa a stojaté od Delaloe mají misku na přidávání závaží, stroje od firem A. Tarnogrocki v Essenu a L. Schopper v Lipsku měří sílu sklonnou vahou a stroje Hartiga a Reusche, Wendlera, Leunera a j. vahami zpružinovými.

b. Stroje s mechanickým napínáním a hydraulickým měřením síly.

Nahradí-li se váhové měřicí ústrojí na př. poznaného stroje firmy Mohr a Federhaff, znázorněného obrazy I., I'. a II., tab. 45., siloměrnou krabicí, jejíž těleso je slito s vrchní příčkou stroje *B*, jak ukazuje obr. V.

téže tab., vznikne stroj, náležející do této skupiny zkušebních strojů.*) Jest velice jednoduchý, pohodlný a hodí se zejména pro veliké množství denních zkoušek.

Spodek stroje se shoduje zcela se spodkem stroje poznaného. Napínací šroub *f* pohybován jest elektromotorem se stálým počtem otáček, pohánějícím třecí stropní předlohu. Obě upínací hlavy mají kulová uložení, aby zajištěna byla souosost. Horní visí na pístové tyči *S* siloměrné krabice, spojené s pístem *C* matkou *a*. Tyč vedena dvěma kuličkovými vedeními, z nichž horní drženo víkem *d*, dolní deskou *e*. Jemnou gumovou blánu *f* přidržuje k pístu kroužek *g*. Dutina krabice, naplněná chemicky čistým glycerinem, vytvořena probráním pístu. Jeho velice malý pohyb omezuje v jednom směru nákovek *k*, v druhém prstencovitý, přestavitelný nárazník *n*, našroubovaný na matku *b*. Tento zachycuje zpětné nárazy, vznikající při přetržení tyče, oporem o desku *e*. Výškovou polohu pístu *C* ukazuje nekreslená ručička ve zvětšeném měřítku na zevnějšku tělesa *B*.

Napětí tekutiny v krabici udávají manometry, namontované na zvláštním stojánku, umístěném vedle stroje. Jeden z nich jest pracovní, otevřený při zkouškách, druhý kontrolní, který se spojuje s krabicí jenom občas, má-li býti zjištěno, zda pracovní manometr správně ukazuje. Jelikož i stroje s hydraulickým měřením bývají tak zařízeny, aby byly náležitě citlivé při zkouškách slabých tyčí, opatřují se dvěma manometry, jedním na největší výkon, druhým na jeho $^1/_5$ nebo $^1/_{10}$, a také dvěma indikačními přístroji. Jsou tedy na zmíněném stojánku 4 manometry a 2 indikátory, zcela podobné indikátorům na parní stroje. Zkouší-li se vyšším tlakem, musí býti manometry na nízký tlak vypiaty. Stupnice na manometrech neudávají přímo zatížení, nýbrž jsou děleny na stupně. Velikosti zatížení, odpovídající jednotlivým stupňům, čtou se z tabulky, patřící ke stroji. Aby se manometry nepoškodily silnými rázy, vznikajícími v okamžiku lomu, oddělí je zpětný ventilek od krabice. Otočením ručního kolečka zvláštního ventilku otevře se pomocný kanálek, jímž se tlaky pozvolna vyrovnávají. Stalo-li se tak, zavře ventil pomocný kanálek samočinně a spojí manometr zase s krabicí.

Vzadu na manometrovém stojánku jest nádobka na glycerin a ruční pístová pumpička, kterou lze celé spojující potrubí glycerinem naplniti a stlačiti na určité počáteční napětí, při kterém ručičky manometrů ukazují na nulu a píst *C* jest v nejvyšší poloze. Napětí to, jež musí býti před početím každé zkoušky kontrolováno, je stálé a udává je rtuťový manometr, umístěný také na stojánku.

Stroje se siloměrnou krabicí se těší stále větší a větší oblibě. Krabice udává napínací sílu samočinně, bez jakékoli manipulace, prozrazuje

*) Zkušební stanice ústavu má universální stroj této soustavy na 50 *t* největšího výkonu s pracovními i kontrolními manometry na 50 a 5 *t*.

okamžitě sebemenší změny tlaku a umožňuje rychlejší práci, což má význam hlavně tam, kde se koná denně veliký počet zkoušek. Údaj pracovního manometru muže býti přezkoušen kontrolním manometrem kdykoliv, i při zkoušce. Jelikož se ráz na manometry nepřenáší, hodí se siloměrné krabice všude tam, kde vznikají prudké rázy, na př. v hutích, když třeba trhati rychle silné železné i ocelové tyče.

c. **Stroje s hydraulickým ústrojím napínacím a mechanickým měřícím.**

Hydraulické napínání se doporučuje pro větší zkušební stroje, zejména, mají-li pracovati velikými deformačními rychlostmi (i přes 30 *mm* v minutě), a pro stroje na veliké výkony. Vyniká jednoduchým řízením pracovní rychlosti v nejširších mezích, zcela klidným chodem, malým opotřebením a tím, že na ně muže býti připojeno více zkušebních strojů.

Popsány buďtež stroje od Werdera a Salaby. Podstatu stroje Werderova, sestrojeného r. 1852, naznačuje schematicky obr. IV., tab. 48. Jest ležatý, často universální, pro zkoušky tahem, tlakem, střihem a ohybem. Má-li býti upraven i pro zkoušky kroucením, třeba zvláštního zařízení, uloženého na těžkém základě vedle stroje, čímž se stroj velice komplikuje. Staví jej Akc. společnost strojírny Norimberk, často na výkon 100 *t*. Ústrojím měřicím jest jediná pravoúhlá páka.

S dlouhým rámem A, podepřeným nohami, je slit hydraulický válec B, jehož píst C má pánev, o kterou se opírá ostří o na krátkém rameni úhlové páky E, otáčející se kolem osy o_1, uložené v příčce F. Krátké rameno páky E jest jenom 3 *mm* dlouhé, kdežto druhé, s posuvným závažím Q a miskou m_1, má délku 1500 *mm*; má tedy páka převod 1 : 500. Příčku F, spojenou táhly T (ve skutečnosti jsou čtyři) se zadní příčkou G, drží v nakreslené poloze závěsy a_1, a_2 na části D, související s pístem C. Příčka G nese posuvnou upínací hlavu g, kdežto pevná h jest přichycena k části H, přišroubované k rámu A. Má-li býti určena pevnost řádně upiaté zkušební tyče t, vpustí se do válce B něco napiaté vody. Ta posune píst v pravo, který zvedne tlakem pánve na ostří o delší rameno páky E do výše. Rovnováha se způsobí položením závaží q na misku m_1 a posuvem závaží Q; jest dosažena, má-li rameno vodorovnou polohu, kterou ukáže vodováha L. Jelikož při tom píst C nezměnil své polohy, neboť voda není stlačitelná, musila se osa o_1 pootočiti kolem ostří o a pošinouti příčku F v pravo. Tím byla posunuta v pravo i příčka G a tyč t napiata. Byla-li poloha páky E vyrovnána, vpustí se do válce opět něco napiaté vody atd. Velikost zatížení se vypočítá násobením váhy q hodnotou 500 a připočítáním zatížení, vyvozeného posuvným závažím Q. Zpětný pohyb pístu C po přetržení tyče a vypuštění vody z válce opatřuje píst p malého hydraulického válce v, na který působí stálý tlak.

Poněvadž kratší rameno páky E jest pouze 3 *mm* dlouhé, a jeho nejmenší změna způsobí nesprávný údaj zatížení, musí býti stroj často kontrolován. Zatížení do 2000 *kg* lze snadno zjišťovati pravoúhlou kontrolní pákou K, na stroji trvale umístěnou, aby kontrola nevyžadovala zvláštních prací. Páka K má kratší rameno 32 *mm*, delší 320 *mm* dlouhé, tedy převod 1 : 10. Závaží, položené na misku m_2, tlačí příčku G — v níž ovšem není zkušební tyče — v levo, závaží na misce m_1 v pravo. Je-li rameno $o\ o_1$ správné, musí závaží 100 *kg* na misce m_2 držeti rovnováhu závaží 2 *kg* na misce m_1. Správnost údajů měřicího ústrojí při větším zatížení se zjišťuje kontrolními tyčemi, jednou do zatížení 10 *t*, druhou do zatížení 100 *t*.

Má-li býti určována jiná pevnost než v tahu, odstraní se upínací hlavy g, h a nahradí tlačnými, kulovitě uloženými deskami, nebo jedním z upínacích zařízení, poznaných u stroje firmy Mohr a Federhaff. Do popsaného stroje možno zapnouti při zkoušce tahem předměty až 10 *m* dlouhé, při zkoušce tlakem až 0·35 *m* vysoké a při zkoušce na pevnost vzpěrnou až 8·5 *m* dlouhé.

Universální stroj Salabův na největší výkon 72 *t* je také ležatý jako Werderův, s nímž má společné toliko známky ležatých strojů, jakož i složitější úpravu než stroje stojaté, poněvadž na ležatých nutno podpírati a vésti součásti stroje, které na stojatých prostě visí. Konstruoval jej předčasně zesnulý, geniální první profesor stavby strojů na české vysoké škole technické v Praze, August Salaba, a provedla r. 1891 První českomoravská továrna na stroje v Praze. Měl býti základem zkušební stanice pro vědecké práce na jmenované škole, jakož i strojem, na němž měly býti konány zkoušky, jež by potřebovala veřejnost. Když však nebyly povoleny prostředky k jeho zaplacení a kladena podmínka, aby byl společným i německé vysoké škole technické, byl stroj po jubilejní výstavě, na které byl vystaven, rozebrán a uložen do skladiště továrny, kde ležel až do doby, kdy byl zakoupen Spolkem pro zkoušení a přehlížení parních kotlů v Praze, čímž byl zachráněn alespoň pro druhou část programu, který měl Salaba na mysli, totiž pro zkoušky potřebné úřadům a technické veřejnosti. Stal se hlavním strojem zkušební stanice, zřízené při Spolku, později autorisované, umístěné v pražském Technologickém museu. Letos byl získán ministerstvem školství a národní osvěty pro zkušební stanici při ústavu mechanické technologie nejen jako vzácná památka po profesoru Salabovi, nýbrž jako aktivní stroj zkušebny a po 32 letech převezen tam, kam byl původně určen.

Stroj ten naznačují schematické obrazy I., II. a III., tab. 48.*) Hlavní součástí stojanu, nesoucí a spojující veškeré příslušenství stroje, jest plochý litinový rám A, přes 10 *m* dlouhý, podepřený osmi

*) Konstruktivní obrazy, popis a výpočet stroje viz: Hasa Fr., Salabův zkušební stroj na 72 *t* největšího výkonu, Technický Obzor, 1920, str. 33. Historii stroje viz: Technický Obzor, 1919, str. 162.

nohami *N*. K jeho části, sesílené pod měřicím ústrojím, přišroubován litinový stojan *B* s vidlicovitým nosníkem *E*, podporovaným ještě dvěma sloupky *D*, stojícími na můstku *M*. Na částech těchto uloženo ústrojí měřicí. Stojan *B*, zachycený táhly *T*, nese levé konce dvou silných šroubových vřeten C_1, C_2, která spojují ústrojí měřicí s přestavitelným ústrojím napínacím. Vřetena nejsou ve vodorovné rovině, nýbrž v šikmé, skloněné pod úhlem 45°, dolní blíže, horní dále od pozorovatele, stojícího před strojem. Druhé konce vřeten leží v pevném stojanu na konci rámu a jejich prostředek podpírá přestavitelný stojan, jenž má zameziti jejich průhyb a zejména vyhýbání při zkoušení dlouhých předmětů tahem, jelikož vřetena jsou pak namáhána na pevnost vzpěrnou. Konečně patří k rámu vodorovný sloupek, přišroubovaný ke stojanu *B* a nesoucí uložení pro páku *b*.

Hydraulické n a p í n a c í ú s t r o j í jest na rámu *A* přestavitelné v rozsahu 6·5 *m*, takže na stroji lze zkoušeti předměty až skoro 6 *m* dlouhé. Litinový hydraulický válec *V* leží na vozíku v_1, pojíždějícím po opracovaných vrchních plochách rámových nosníků. Potřebnou polohu válce pojišťují ucha *G*, k němu přilitá, jimiž procházejí vřetena s vůlí, a dvojdílné matky *F*. Podle toho, je-li materiál zkoušen tahem nebo tlakem, upínají se opěrné matky před ucha, jak nakresleno na obrazech I. a II., nebo za ně (obr. III.). Pohyb pístu *P* přenáší pístová tyč na křížovou hlavu *K*, ke které se připevňují výměnné upínací hlavy H_2. Křížová hlava pojíždí na vozíčku v_2, aby bylo možno před zkouškou měniti polohu pístu oproti již pojištěnému hydraulickému válci. Tlakovou tekutinu, glycerin nebo olej, vtlačuje do válce stojatá pumpa, namontovaná na víku litinové nádrže, přišroubované k hydraulickému válci. Klikami společného hnacího hřídele, natočenými proti sobě v 120°, uvádějí se v pohyb tři jednočinné pumpičky. Klikovým hřídelem lze točiti ručně nebo elektromotorem. Aby mohla býti měněna rychlost napínání, jsou do převodu s elektromotoru na hřídel vloženy třecí kotouče. Pumpy mají výsuvný mechanismus, jenž je samočinně zastaví, když napětí tekutiny dostoupí největší přípustné hodnoty. Při zkoušce tahem a největším výkonu jest napětí oleje 130·5 *at*, při zkoušce tlakem 110 *at*.

M ě ř i c í ú s t r o j í složeno ze tří váhových pák *h*, *f* a *b*. Zkoušený předmět se upíná do výměnných hlav H_1, H_2. Hlava H_1 jest nasazena na táhlo *a* s ocelovými kalenými pánvemi, o které se opírají kalená ostří kratších ramen pravoúhlé páky *b*. V nakreslené poloze drží táhlo *a* s hlavou H_1 litinové stojánky c_1, c_2, otočné kolem spodních os, aby se mohlo podélně posouvati; podobně jsou uloženy chůdy d_1, d_2, podpírající páku *b*, která se může otáčeti buď kolem osy na chůdě d_1 nebo kolem osy na chůdě d_2. Její ramena jsou v poměru 1 : 10 a vlastní váhu vyrovnává závaží z_1. Podle toho, napínán-li zkoušený materiál tahem nebo tlakem, pohybuje se delší rameno páky *b* vzhůru nebo dolů, kterýž pohyb přenáší dále ostří s_1 nebo ostří s_2. Ostří s_1 (obrazy I. a II.) působí na pánev kovaného sloupku *e* a ten pánví na ostří, vsazené do stejno-

ramenné páky *f*. Její otočná osa jest uložena v probráních rámových sloupků *D*. Ostří s_2 (obrazy I. a III.) přenáší pohyb delšího ramena páky *b* na spodek kovaného rámku *g*, který visí pánví na ostří s_3, vsazeném do vrchní, nestejnoramenné páky *h*, spočívající svým ostřím na pánvích, uložených na rozvidlené části *E* rámu. Poznané součásti měřicího ústrojí, znázorněné na obr. I. silnými čarami, zůstávají stále na stroji, nedemontují se, když některých není třeba, nýbrž v y l u č u j í z činnosti bočním posuvem pánví. Pro zkoušky tahem se vysune pánev na chůdě d_1 a pod ostřím s_2, takže v činnosti zůstanou části ústrojí, nakreslené na obr. II.; pro zkoušky tlakem se jmenované pánve zase zasunou a vysunou pánve na chůdě d_2 i pod ostřím s_1, takže účinnými zůstávají pouze části, patrné na obr. III.

Po delším rameni páky *h* pojíždí běhoun *q*, jehož krajní polohy jsou zakresleny čárkovaně; páka má ramena v poměru 1 : 150. Protizávaží z_2 se posouvá po rameni *r* šroubem, otáčeným ručním kolečkem. Rovnovážnou polohu vahadla *h* udávají jazýčky *R*. Poloha běhounu se čte na měřítku, připevněném k páce *h* a děleném v *cm* i *mm*; noniem možno čísti desetiny *mm*. Velikost napínací síly se vyčte z tabulek. Celý běhoun váží 48 *kg*; jelikož úhrnný největší převod je $\frac{1}{10} \times \frac{1}{150} = \frac{1}{1500}$, lze závažím tím vyvážiti a tudíž i změřiti největší tah 48 × 1500 = = 72.000 *kg*. Poněvadž běhoun se skládá z odnímatelných kotoučů a může vážiti kromě uvedených 48 *kg* také jenom 40, 32, 24, 16, 8 a 4 *kg*, lze těmito závažími měřiti do 60, 48, 36, 24, 12 a 6 *t*.

Kromě zkoušek tahem a tlakem jsou na stroji možné i zkoušky střihem, ohybem a na pevnost vzpěrnou. Aby zvýšena byla jeho citlivost, nahrazeno všude tření čepové valivým. Ač konstrukce měřicího ústrojí je značně stlačena, přece jsou její jednotlivé části dobře přístupny. Uspořádáním vodorovných vřeten C_1, C_2 v šikmé rovině, skloněné pod 45°, zvýšena neobyčejně přístupnost ke zkoušené tyči a umožněno její snadné pozorování. Salabův stroj vyhovuje plně podmínce, aby zkoušená tyč mohla býti zatěžována a zároveň pozorována přímo zkoušejícím; stroj Werderův vyžaduje k tomu dvou osob. Z bližšího porovnání obou strojů plyne, že se jejich konstrukce zcela liší. Napínací ústrojí Salabova stroje, působící p ř í m o na jeden konec zkušební tyče, jest značně jednodušší, kdežto ústrojí měřicí, působící také p ř í m o na druhý konec, značně složitější. I úprava stroje k různým druhům zkoušek je pohodlnější, nevyžadujíc montování mnoha pomocných částí, jak je toho třeba na stroji Werderově, zejména pro zkoušky pevnosti vzpěrné.

Salabův stroj se však neshoduje ani s ostatními stroji,*) známými před jeho sestrojením. Anglické stroje firem G r e e n w o o d & B a t l e y,

*) Obrazy jejich viz: M a r t e n s A., Materialienkunde für den Maschinenbau I., Berlín, 1898.

Lim., Leeds, z r. 1865 a J. B u c k t o n & Co., Lim., Leeds, mají sice také hydraulické napínání a mechanické měření síly, avšak zcela jiné úpravy. Stroje prvé firmy, mezi nimiž byly i vyhlášené pro zkušební stanici D. K i r k a l d y h o, mají ústrojí napínací na jedné, měřicí na druhé straně zkoušené tyče. Na strojích druhé firmy, konstruovaných W i c k s ť e e d e m, upraveno obojí ústrojí na téže straně. Francouzské stroje, T h o m a s e t ů v a M a i l l a r d ů v, pravděpodobně z r. 1878, nelze porovnávati, neboť mají sice hydraulické napínání, avšak i h y d r a u l i c k é měření síly. Totéž platí o amerických strojích E m e r y h o asi z r. 1881, prováděných firmou Wm. S e l l e r s & Co. ve Filadelfii. Stroj W e n d l e r ů v z r. 1887, postavený firmou C. F r o m m e v Berlíně, má m e c h a n i c k é napínací ústrojí, jakýmž opatřena i většina amerických strojů z r. 1889 firmy R i e h l é B r o s, Testing Machine Co. ve Filadelfii.

Do této skupiny zkušebních strojů náleží také stojaté stroje, provedené firmou F e r n a u a s p o l . ve Vídni.*) Napínací hydraulický válec, umístěný ve spodní části rámu stroje, má diferenciální píst, k jehož slabší části, vycházející z válce nahoru, připevněna je spodní upínací hlava. Horní visí na dvouramenné hlavní vahadlové páce s poměrem ramen 1 : 500. Na konci delšího ramene zavěšena miska na závaží. Značně pod touto pákou jest druhá, jednoramenná s běhounem, jejíž konec působí na závěs misky. Posuvným závažím možno měřiti síly do 10.000 *kg*. Má-li býti měřena síla od 10.000 do 20.000 *kg*, položí se na misku závaží 20 *kg*, které vyváží při převodu hlavní páky 1 : 500 také 10.000 *kg*, má-li býti měřena síla od 20.000 do 30.000 *kg*, položí se na misku 40 *kg* atd. Nad větší píst vtlačují olej dvě vodorovné, jednočinné ruční pumpičky, pracující střídavě, takže vytlačují nepřetržitě. Zpětný pohyb pístu (vzhůru) opatřuje závaží na dvouramenné páce, jež bylo zdviženo pohybem pístu dolů.

Dále patří do této skupiny strojů ležaté stroje od D e l a l o e a stojaté: P f a f f ů v s váhovými pákami a miskou na závaží; G o l l n e r ů v s mechanickým i hydraulickým ústrojím napínacím a měřicím s přikládáním závaží podle obr. V. na tab. 43., který provedla od r. 1877 v několika exemplářích tehdejší pražská firma T. J. M ü l l e r; M a r t e n s ů v s podobným přikládáním závaží, jaké má stroj předcházející, jejž staví Akc. společnost strojírny Norimberk; stroje P o h l m e y e r o v y se sklonnými vahami, které provádí strojírna Jindřicha Ehrhardta v Zella, St. Blasii atd.

d. Stroje s hydraulickým napínáním i měřením síly.

Příkladem nechť je francouzský stroj T h o m a s e t ů v a švýcarský firmy A l f r e d J. A m s l e r a s p o l.

---

*) Stroj této soustavy, na 50 *t* největšího výkonu, zařízený pouze pro zkoušky tahem, d a r o v a l a ústavu E l e k t r o t e c h n i c k á a k c. s p o l e č n o s t d ř. E. K o l b e n ve Vysočanech.

T h o m a s e t ů v s t r o j, znázorněný schematicky obrazem I., tab. 49., je ležatý, s měřením síly siloměrnou krabicí a rtuťovým tlakoměrem. Hydraulický válec *B* tvoří s rámem *R* celek. V pístu *C* uložená dlouhá matka *m* může se ručním kolečkem *k* jenom otáčeti. Šroub *s*, procházející pístem, končí v křižáku, posuvném po vedení *A* na rámu *R* a nesoucím upínací hlavu *g*. Točí-li se při určité poloze pístu *C* matkou, posouvá se šroub *s* a hlava *g* staví náležitě ke zkušební tyči *t*. Tyč se napíná vevedením tlakové vody do válce *B* přípojkou *a*. Nazpět, do levé krajní polohy, stáhne píst *C* závaží *Q*. Vyvozený tah přenášen na siloměrnou krabici poznaným způsobem; jeho velikost udává výška *x* rtuťového tlakoměru. Kontrolní pákou *K*, která je stále na stroji, lze údaje tlakoměru každou chvíli přezkoušeti. Třeba jen šroub s_1 sešroubovati ručním kolečkem *r* dolů, do stojánku *N*, jak nakresleno, aby podpora páky *K* dolehla na víko *v* krabice, a zatížiti ji závažím *z*. Je-li stroj v pořádku, musí rtuťový tlakoměr udávati stejné zatížení jako váha závaží *z*, násobená pákovým převodem. Když se stroj nekontroluje, jest páka *K* šroubem s_1 zvednuta.

Stroj firmy A l f r e d J. A m s l e r a s p o l. v Schaffhauzích ve Švýcarsku, stojatý, s kyvadlovým manometrem, nakreslen na tab. 47.*) Obrazy I. a II. naznačují vlastní stroj, obrazy III. a IV. již poznaný manometr a obrazy V. až VIII. detaily čerpadla. Stojan stroje tvoří dva kované sloupky *a*, vsazené dole do litinové patky *A*, přišroubované k rámu *B*, a spojené nahoře příčkou *C*. Na této stojí ústrojí napínací, totiž hydraulický válec *D* s pístem *E*. Pánev *b*, vložená do pístu, opírá se o ostří *c* příčné hlavy *F*, kterou procházejí šrouby *d*, na nichž visí stůl *G*, vedený náležitě sloupky *a*. Vzdálení příčné hlavy *F* od stolu *G* lze měniti současným otáčením matek *e*, tvaru šroubových kol, což opatřují krátké šrouby *h* do nich zabírající, naklínované na společném hřídeli *g*, jímž lze točiti kličkou *f*.

Má-li býti tyč *i* zkoušena tahem, upne se jeden její konec do upínací hlavy j_1, druhý do upínací hlavy j_2, přichycené ke křižáku *K*. Ten je také dokonale veden sloupky *a* a výškově přestavitelný šroubem *k*, natáčeným kličkou *l* a kuželovými kolečky *1*, *2*; postupuje v matce, která uložena v patce *A*. Veveden-li pod píst *E* napiatý olej, postupuje příčná hlava *F* vzhůru, tyč jest napínána. Pro zkoušku ohybem připevní se na stůl *G* stojánky *n* s podpěrnými válečky *o*, na ně položí zkušební tyč *m* a opírá o váleček *p*, připevněný k příčce *C*. Poloha zkušební tyče v okamžiku, kdy se o váleček právě opřela, naznačena tečkovaně na obr. II. Pro zkoušku tlakem upnou se na příčku *C* i stůl *G* rovné desky, které pak zkušební těleso sevrou.

Do válce *D* dodává tlakový olej čerpadlo *M*, přišroubované k rámu *J* kyvadlového manometru (obr. IV.) a poháněné elektromotorem *L*.

*) Ve zkušebně ústavu jest universální stroj této soustavy s největším výkonem 10 *t*.

Olej z čerpadla vchází výtlačným potrubím *1* do ventilu I_2 manometru. Je-li otevřen, jde potrubím *2* do válce, zvedá píst *E* a tyč napíná. Jak se měří velikost napínací síly, bylo vysvětleno na str. 349. Kdyby napětí oleje přestoupilo dovolenou výši, přepustí pojišťovací ventilek, umístěný v tělese ventilu I_2, olej potrubím *7*, tělesem ventilu I_1 a potrubím *5* zpět do čerpadla.

Čerpadlo, dodávající tlakový olej, je d v o u s t u p ň o v é. Na obr. V., tab. 47., nakreslen axiální řez prvým stupněm, na obr. VI. řez oběma stupni rovinou kolmou k předešlé, na obr. VII. naznačen týž řez, avšak zvětšený, a konečně na obr. VIII. řez druhým stupněm. Píst a_1 prvého stupně má pohyb vázaný; uvádí jej v činnost klika zalomeného hřídele *h* a ojnice *d*, působící na rámek *c*, k jehož spodku jest připevněn. Vodorovné složky ojničních sil přenášejí kladky *e* na skříň čerpadla *f*. Pístek a_2 druhého stupně, slabší, avšak s větším zdvihem než a_1, má vázaný pohyb jenom při zdvihu výtlačném neokrouhlým kotoučem *g*, naklínovaným na hřídeli *h*, a kladkou *i*, uloženou v rámku *j*. Vodorovné složky tlaků zachycují opět kladky *k*, opírající se o stěny skříně *f*. Při zpětném, ssacím zdvihu, má vázaný pohyb toliko rámek *j*, neboť jej stahují zpružiny l_1, l_2, které byly ve výtlačném zdvihu napiaty, kdežto pístek a_2 má pohyb volný. Popud ke zpětnému pohybu mu dá slabá zpružina l_3, připevněná jedním koncem k rámku *j* a opírající se druhým o matku *m* na konci tyče, ve kterou pístek a_2 vybíhá, jelikož ji klesající rámek stlačuje. Zároveň pudí jej do nejnižší polohy olej, jejž vytlačil prvý stupeň. Jelikož nassávací zdvih druhého stupně se může zcela přizpůsobiti výtlačnému zdvihu prvého stupně a odporu kuličkového ventilu, nevznikají rázy, čerpadlo pracuje tiše.

Olej vyplňuje nádrž *o* zcela a skříň *f* do výše ložisek hnacího hřídele. Ssací prostor pístu a_1 spojuje s nádrží *o* trubka *š*. Při spouštění motoru se vyšroubuje poněkud šroubek *p* (obr. VII.), aby jeho kuželový hrot uvolnil kanálek *r*, jímž unikne vzduch, který je nad pístem a_1; zároveň se oddálí ssací kulička *I* kolíčkem *s* se sedla, takže olej, případně již nassátý, se vytlačí nazpět. Když všechen vzduch unikl, uzavře se kanálek *r* šroubkem *p*, kolík *s* vytáhne, načež kulička *I*, puzena zpružinou v_1, dolehne na své sedlo. V nassávacím zdvihu pístu prvého stupně kulička *I* po překonání tlaku zpružiny v_1 odskočí a olej se trubkou *š* nassaje. V této době pístek druhého stupně vytlačuje. Za výtlačného zdvihu pístu a_1 dosedne kulička *I* na sedlo, otevře se výtlačný ventilek, jímž jest kulička *II*, a olej přetéká do pracovního prostoru druhého stupně, v němž je právě zdvih nassávací. Při zpětném pohybu vytlačí pístek a_2 olej do potrubí *1*, spojujícího čerpadlo s ventilovým tělesem I_2 manometru. Výtlačný ventilek tvoří kulička *III*, přitlačovaná na sedlo zpružinou v_3. Má-li býti dodávání oleje přerušeno, vtlačí se kolík *s* tak daleko, až vystrčí kuličku *I* se sedla, a olej z prvého stupně jest přetlačován zpět do nádrže *o*. —

Z dalších strojů, které lze zařaditi do této skupiny, má ležatou úpravu stroj Maillardův; stojatou úpravu mají stroje Chauvinův, Emeryho a stroj postavený strojírnou dříve Kühne v Drážďanech pro mechanicko-technický zkušební ústav tamtéž, na výkon 1000 *t*. —

3. **Kontrola zkušebních strojů.**

Na dobrých zkušebních strojích se žádá, aby jejich údaje zatížení se nelišily od skutečnosti v krajních případech více než o ± 1%. Je proto nezbytnou podmínkou, které má konstrukce každého zkušebního stroje vyhovovati, aby umožňovala kontrolu údajů měřicího ústrojí. Kontrolu lze provésti různými způsoby.

α. *Kontrolními vahami* (Kontrollwagschalen). Hodí se na zkoušení strojů stojatých a jenom výjimečně také ležatých. Pověsí-li se do závěsů *n* (obrazy I. a II., diagr. č. 25.) místo hlavy *h* (nebo do hlavy *h* na obr. I. a V., tab. 45.) dlouhé, náležitě silné vahadlo miskových vah*), a na misky kladou závaží, bude dělení při správném převodu pák měřicího ústrojí a rovnovážné poloze páky w_2 (obr. I., diagr. č. 25.) udávati stejné zatížení, jaké bylo položeno na misky. Jelikož tento způsob kontroly vyžaduje mnoho závaží, tudíž i velikých misek, a kladení závaží na ně, jakož i snímání je obtížné, hodí se jenom do zatížení asi 3000 *kg*.

Je-li výkon stroje větší, zjistí se tímto způsobem alespoň, zda převody nebyly změněny na př. vymačkáním pánví; jsou-li výsledky příznivé, možno předpokládati, že stroj bude působiti správně i při výkonech větších. Má-li však býti přejímán materiál úředně, mají-li býti konány přesné zkoušky nebo zkoušeny zvláštní výrobky, jest občasná kontrola stroje až k největšímu zatížení přece jen nezbytna.

β. *Kontrolní pákou* (Kontrollhebel) se značným převodem ramen, často 1 : 50, která se zapne do stroje, působícího tahem táhly t_1, t_2 (obr. V., tab. 46.), nebo do lisu, působícího tlakem, sloupky t_1, t_2 podle obr. VI téže tab. Ušetří se značně závaží, tedy i práce a času. Má-li páka poměr ramen 1 : 50, stačí ke kontrole 30 *t* stroje 600 *kg* závaží. Otočné osy vytvořeny také pánvemi a ostřími. Kontrolní pákou možno zkoušeti i stroje se siloměrnou krabicí.

γ. *Hydraulickým lisem*. Tento způsob se hodí zejména pro stroje tlakové. Do jejich účinných čelistí vloží se lis, na př. tvaru, udaného obrazem I., tab. 43., bez travers. Válec *a* opíral by se o čelist podobnou vložkou s kulovou plochou, jakou se opírá píst *b*. Vevede-li se do válce *a* napiatá voda, napne se i zkušební stroj. Porovnáním údajů kontrolního manometru lisu s údaji zkoušeného stroje a s údaji stroje se známou odchylkou, lze určiti chybu stroje zkoušeného. Lis může býti nahrazen také siloměrnou krabicí.

---

*) Zkušební stanice ústavu má váhy s vahadlem 2·5 *m* dlouhým a miskami 1·0 × 1·1 *m* ve straně.

δ. *Měděnými kontrolními válečky* (Stauchzylinder) z čisté, stejnorodé mědi, které byly vyzkoušeny na přesných strojích, takže jest o nich známo, oč se srazí určitou silou. Zkoušejí se jimi stroje na pevnost v tlaku. Rozloží se jich náležitý počet, odpovídající určitému stupni zatížení, stejnoměrně na účinnou desku stroje, pozvolna zatíží a ponechá delší dobu pod tlakem. Po odlehčení stroje se vyjmou a jejich délky změří hmatadlem s mikrometrickým šroubem. Z tabulky, ve které jsou výsledky zkoušek válečků zaneseny, stanoví se zatížení, jakých bylo třeba, aby se válečky o odměřené hodnoty srazily. Součet udá úhrnné zatížení, jež se má shodovati s údajem měřicího ústrojí zkušebního stroje. Kontrola válečky, neobyčejně jednoduchá a pohodlná, nestačí však k dokonalému zjištění správnosti stroje, jelikož její přesnost dosahuje jenom ± 2%, ale ukáže, je-li stroj poškozen nebo opotřebován.

ε. *Kontrolní tyčí* (Kontrollstab). Upíná se do stroje místo zkušební tyče.*) Zkouška touto pomůckou jest nejpřesnější, ale předpokládá dokonalé ovládání zrcátkových přístrojů a pramenů chyb při měření pružných prodloužení. Rozměry kontrolní tyče ~~musí býti takové,~~ aby největší zatížení, jaké stroj může vyvinouti, mohlo v ní způsobiti toliko pružné prodloužení. Znají-li se její prodloužení, která se určují na přesných strojích také zrcátkovými přístroji a bývají uvedena v certifikátu patřícím k tyči, možno naopak po dosažení jistého prodloužení říci, že bylo k němu třeba takového a takového zatížení, s nímž se musí shodovati ono, které ukazuje správně působící stroj. Kontrolní tyče bývají zkoušeny spolehlivým veřejným zkušebním ústavem. Hotoví se účelně z kelímkové oceli, na tah nebo na tlak. Jsou-li odchylky, zjištěné kontrolou, větší než ± 1%, nutno měřicí ústrojí zkušebního stroje opraviti nebo sestaviti tabulku chyb a podle ní každé čtení korigovati.

ζ. *Kontrolním přístrojem* (Kraftprüfer, Kraftmesser), buď hydraulickým nebo mechanickým. Hydraulické bývají nazývány také siloměrnými krabicemi (Messdosen), ač se od nich podstatně liší. Jsou to jednoduché pomůcky, které mají umožňovati rychlou kontrolu zkušebního stroje, stojatého nebo ležatého, až do největšího výkonu, kdykoli, bez dlouhých příprav a s dostatečnou přesností. Jejich účinek založen na pružné deformaci ocelového tělesa vhodného tvaru. Když byla na přesných strojích stanovena velikost jeho deformace určitými silami a zaznamenána, možno naopak při kontrole z určité deformace souditi na velikost síly.

Příklad hydraulického kontrolního přístroje firmy Alfred J. Amsler a spol., pro stroje působící tahem, udává obr. IX., tab. 46.**) Jeho hlavní součástí jest ocelový dutý válec *B* s matkami *i*, jenž se upne do hlav zkušebního stroje buď pomůckami, nakreslenými na jeho

*) Ústavní zkušební stanice má kontrolní tyč na 50 *t*.

**) Zkušební stanice ústavu má přístroj této soustavy na 10 *t*, pro tah i tlak.

horním konci, nebo pomůckami, naznačenými na konci spodním. Dutina válce souvisí s radiálním kanálkem *a*, do něhož s jedné strany zašroubována vložka *b* s utěsněnou skleněnou trubičkou *c*, s druhé strany vložka *h* s bubínkem *C*, stejně upraveným jako bubínek hmatadel s mikrometrickým šroubem. Na trubičce *c*, končící dutou koulí *d*, jest navlečeno indexní pouzdro *e*. Bubínek se skládá z pevného válečku *k* a otočného *f*, k jehož čelu připevněna tyčinka *g*, procházející ucpávkou v části *h* a sahající do kanálku *a*. Celé otáčky bubínku se čtou na válečku *k*, jejich setiny na kuželové ploše válečku *f*. Vnitřní dutinu válce *B* i kanálek *a* vyplňuje rtuť.

Před početím kontroly ponechá se přístroj na stroji, dokud nenabude s ním stejné teploty. Pak pozorovatel postaví rtuť v trubičce náležitým točením válečku *f* tak, aby se kryla s levým okrajem indexniho pouzdra *e*, jak na obrazci naznačeno. Napne-li se přístroj, válec *B* se prodlouží — vždy jenom v mezích pružnosti — jeho dutina zvětší, rtuť z trubičky zmizí. Má-li býti zjištěno zatížení, vytlačí pozorovatel rtuť z dutiny až zase po okraj pouzdra *e* šroubováním tyčinky *g* dovnitř. Nyní srovná údaje bubínku *C* před zatížením s údaji při zatížení a k rozdílu vyčte ze stupnice, vyryté na čele bubínku *f*, příslušné zatížení. Válec *B* se prodlužuje skoro zcela stejnoměrně s tažnou silou, které bude proto úměrné i zvětšení objemu dutiny a tudíž úměrný i počet otáček válečku *f*. Doporučuje se kontrolovati údaj přístroje ještě při jeho pozvolném odlehčování, nebo měření vícekráte opakovati.

Jelikož se rtuť před každým čtením staví na týž bod trubičky, nezávisí výsledky měření na její světlosti. Rozbije-li se, může býti nahrazena novou, aniž je třeba přístroj znovu cejchovati. Aby pohyby rtuťového vlákna byly dobře znatelné a snadno pozorovatelné, dělá se plášť dutiny tenký, takže jest velice namáhán; proto se válec hotoví z cenné oceli.

Popsaný přístroj muže býti upotřeben také ke kontrole strojů, působících tlakem, sešroubují-li se s něho matky *i* a má-li ještě stupnici tlakovou. Stupnice se získávají přímým zatěžováním. Sestrojují se však také s a m o s t a t n é kontrolní přístroje na t l a k (obr. X., tab. 46.), které se v podstatě neliší od přístrojů na tah; při kontrole se ovšem obsah jejich dutiny nezvětšuje, nýbrž zmenšuje. Podkládají se podložkami *E*, které mívají také uložení kulové. Hodí se ke kontrole strojů ležatých i stojatých. — Kontrolní přístroje, jež nesmějí býti nikdy přetíženy, bývají dodávány se zárukou, že udají zatížení od $^1/_5$ největšího výkonu s přesností $\pm$ 1 %.

Jiné hydraulické kontrolní přístroje zavedl G. W a z a u v Kristianii; hotoví se buď na tah, nebo na tlak, anebo také kombinované na oba způsoby namáhání.*)

*) Bližší o nich viz: W a z a u G., Eine neuartige Festigkeitsmaschine, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, 1919, str. 79.

Zkušební stanice ústavu má kontrolní přístroje této soustavy na 50 *t* největšího výkonu, pro tah i tlak.

Příkladem m e c h a n i c k é h o kontrolního přístroje budiž přístroj H a b e r e r ů v, na stroje působící tahem, naznačený na obrazu VII., tab. 46., s číselníkem a na obr. VIII. téže tab. s ručičkou a dělením na oblouku. Ramena plochého, uprostřed probraného ocelového tělesa *A*, upiatého do stroje svorníky *b* a namáhaného tahem, se tím více sevrou, čím větší je tah. Bude tedy velikost sevření měrou síly. Měnou tloušťky ramen a jejich prohnutí dostávají se přístroje různých výkonů. Pohyb sbližujících se ramen přenáší šroub *c* na tyčinku *d*, otáčející ručičkou číselníku *e*, která udává na něm přímo velikost napínací síly (obr. VII.). Pohyb ramen může přenášeti také tyčinka *f* na hranolek *g*, podobně jako na hranolek zrcátkového přístroje, s nímž spojená ručička *h* ukazuje na stupnici velikost zatížení (obr. VIII.). Srovnáním těchto údajů s údajem kontrolovaného stroje lze zjistiti, je-li správný nebo vadný. Vložka *k* mezi rameny tělesa *A* zamezuje jeho přetížení.

VI. Zkoušení dřeva.

Jelikož dřevo není stejnorodé, nýbrž se skládá z dutých vláken různého průměru, různé tloušťky stěn a hustoty, probíhajících převážně jedním směrem, nebudou jeho fysikální vlastnosti na všech místech stejné a nezávislé na směru působení zevnějších sil. Proto odporuje více namáhání ve směru rovnoběžném s vlákny než ve směru k němu kolmém; jinak se chová, jsouc zatíženo tangenciálně k létům, než namáhané radiálně, jinak odporuje dřevo jádrové než blánové. Další různosti ve vlastnostech způsobují nepravidelnosti v jeho vzrůstu, na př. suky, šikmý nebo točivý průběh vláken místo rovného a pod.; vliv na ně má také podnebí, místo, kde dřevo vyrostlo atd.

Zkouškou se určují vlastnosti buď jenom určitého kusu dřeva, nebo celého kmene, případně i celého lesního porostu. V prvém případě se zkouší dřevo bez ohledu na jeho původ a ostatní okolnosti, v druhém musí býti již uváženo, ze které části kmene mají býti zkušební tělesa vzata a v třetím je nutna podrobná prohlídka lesa, vyšetření jeho vzniku, stáří, poměrů klimatických, vzrůstu a pod. Mají-li býti výsledky zkoušek technických vlastností dřeva porovnávatelné, nutno znáti všechny okolnosti, které mohou míti na ně vliv a postupovati při zkouškách stejně. Směrnice k tomu doporučil Mezinárodní svaz pro zkoušení materiálu na IV. kongresu r. 1906 v Bruselu.*)

Podle nich má býti o zkoušeném dřevě známo místo, kde rostlo, jakost místa toho, jež rozdělena na tři stupně, na jakost dobrou, prostřední a špatnou, kromě toho, zda rostlo volně, v řídkém nebo hustém porostu.

*) Doslovné znění směrnic viz v publikaci: Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln, von Holz, von Ton, Steinzeug- und Zementröhren, Lipsko a Vídeň, 1907.

Pro zkoušku jakosti dřeva celého uzavřeného nebo přibližně uzavřeného lesního porostu se vyberou prostřední kmeny ze 200 nejsilnějších. Není-li to možno, nutno udati alespoň, zda vybrané kmeny jsou z nejsilnějších, prostředních nebo nejslabších. Z dat o vzrůstu stromu se uvádí poměr průměru v poloviční výšce kmene k průměru ve výšce 1·3 *m* nad půdou, úhrnná délka kmene, délka koruny a její největší průměr, způsob vzniku, vývoj v mládí, dosavadní hospodářské ošetřování, stáří stromu, zjištěné spočítáním ročních kroužků na oddenku, rok, měsíc i den, kdy byl poražen, způsob uložení a sušení před zkouškou, a poloha části, jež má býti zkoušena, na kmeni.

O každém zkušebním tělese má býti podle vzhledu podélného řezu nebo podélné štěpné plochy uvedeno, zda vlákna probíhají rovně nebo křivě, kolik je na ploše suků, jak rozdělených, a podle vzhledu příčného řezu, průměrná šířka léta, úhrnné šířky vždy 30 let, počítaných od nejmladšího ke středu, které jsou měrami vzrůstu za stejná časová období, délka let na 1 cm^2 příčného řezu, zda léta jsou kruhová nebo excentrická, a je-li zkušební těleso ze stromu jehličnatého, ještě střední poměr mezi šířkou vrstvy dřeva podzimního a jarního.

Úplné vyzkoušení dřeva vyžaduje, aby stanovena byla jeho objemová váha, vlhkost, sesychavost a bobtnatelnost, určena pevnost v tlaku, ohybu, střihu, řidčeji v tahu, kroucení a rázu, potom tvrdost, štípatelnost a trvanlivost. Zkoušeno má býti dřevo čisté, bez suků; zkouší-li se přece sukovité, nemají býti výsledky spojovány s výsledky o dřevě suků prostém. Na výsledky zkoušek má vliv zejména vlhkost dřeva a rychlost zatěžování. Mezinárodní zkušební svaz navrhl, aby normální vlhkostí byla vlhkost 15% a zatěžování přibývalo v minutě o 20 *kg* na 1 cm^2. Jelikož se vlastnosti téhož zkušebního kusu na různých místech značně liší, doporučuje Svaz alespoň 3 souběžné zkoušky, aby se získaly hodnoty průměrné. Trvalé deformace se mají odměřovati teprve tehdy, když se údaj zkušebního stroje v době jedné minuty nemění.

Vlhkostí se rozumí úbytek váhy dřeva sušením v procentech, vztažených na váhu suchého dřeva. Pokud možno má býti určena přímo vlhkost zkušebních těles. Jsou-li příliš veliká, lze ji stanoviti podle Rudeloffa také na kotoučích 2—5 *cm* silných, vyříznutých ruční pilkou poblíže lomu, hned po zkoušce pevnosti. Dřevo se suší v dobře ventilované sušicí peci v teplotě 95—98° tak dlouho, dokud váhové rozdíly jsou větší než 0·3% váhy suchého dřeva. Sušené dřevo se váží teprve tehdy, když dobře uzavřené schladlo nad kyselinou sírovou na teplotu vzduchu. Údaje pevnosti i váhy mají býti vztaženy na normální vlhkost 15%.

Objemová váha dřeva, t. j. váha jeho krychlové jedničky včetně dutin, se určuje buď stereometricky, výpočtem z rozměrů čistě opracovaných zkušebních těles, bez trhlin, nebo z vytlačeného množství vody způsobem ponořovacím, nebo metodou výtlačnou, má-li býti váha

určena přesně. Tenká deskovitá zkušební tělesa se natírají lněným olejem nebo ponořují do roztoku parafinu v benzolu, aby nepřijímala vody; silnějších netřeba chrániti, určí-li se váha způsobem ponořovacím v krátké době 15—20 vteřin.

Změny délek smršťováním a bobtnáním ve směru vláken, kolmo k nim a tangenciálně k létům se určují buď na hranolech nebo lépe na kostkách asi 10 *cm* ve straně, tak vyříznutých, aby jedna hrana čelního čtverce byla tečnou k létům průřezu; na nich se stanoví také změny objemu, jakož i váhy. Velikost smrštění nebo bobtnání se udává obyčejně v procentech hodnot absolutně suchého stavu.

Zkouška tlakem. Při tlakové zkoušce se určuje mez úměrnosti, pružnosti, modul pružnosti, napětí na mezi pevnosti, zjišťuje stlačení se stoupajícím zatížením a poměr pevnosti v tlaku k objemové váze při normální vlhkosti. Pevnost v tlaku se stanoví účelně na kostkách, na př. 4 *cm* ve straně. Mají-li býti pozorovány také pružné změny, zkoušejí se hranoly čtvercového průřezu, vyříznuté z kmene podle obrazu III., tab. 49. (plně vytažená prostřední část může býti rozdělena na více hranolů než dva), s výškou třikráte větší než strana průřezu, aby na ně mohl byti upiat na př. Martensův zrcátkový přístroj. Pozorovaná délka, velikosti jedné strany průřezu, se nanáší na hranol souměrně ke středu jeho výšky. Hranol se upíná do stroje tak, aby byl zatěžován rovnoběžně s vlákny. Pružná stlačení se měří účelně na ploše tangenciální k létům a na ploše s ní rovnoběžné. Dokonale vysušené dřevo se porušuje tlakem podobně jako křehká látka, na př. litina; z boků kostky se prostřední části vytlačují (viz obr. II., tab. 40.). Na bočních plochách kostky z čerstvého dřeva, jakož i dřeva tropického, přesmyknou se vlákna v úhlopříčnách. Mez stlačitelnosti se shoduje s mezí pevnosti. V jiných směrech než rovnoběžně s vlákny vzdoruje dřevo mnohem méně. Snese-li na př. kostka jedlového dřeva rovnoběžně s vlákny 306—475 *kg* na 1 cm^2, snese stlačena radiálně, kolmo k létům, jenom 30—41 *kg* a stlačena směrem tangenciálním 30—35 *kg*. Je-li pevnost v tlaku bukového dřeva 350 až 500 *kg*, je pevnost špalíčku ve směru radiálním 121—144 *kg* a ve směru tangenciálním 85—116 *kg* na 1 cm^2.

Mají-li býti vyšetřeny průměrné vlastnosti celého kmene, rozdělí se na několik kusů a z každého vyříznou alespoň dva hranoly tak, aby úhlopříčny jejich základen byly rovny poloměru kmene (obr. II., tab. 49.), neboť pak všechna tři zkušební tělesa pro souběžné zkoušky mají stejné roční kroužky, což není možno, vyřízne-li se více hranolů než dva podle obrazu III. V tomto případě nejsou léta ve všech hranolech stejně zastoupena a výsledky zkoušek se liší, jelikož stáří dřeva má značný vliv na pevnost. Třeba-li vliv tento vyšetřovati, zkouší se více hranolů právě takto vyříznutých. Závislost stlačení na velikosti síly znázorňuje spodní křivka obrazu VIII. téže tab.

Nestačí-li zkušební stroj k rozdrcení kostek z velikých kmenů, vyříznutých podle obr. II., rozdělí se rovnoběžně se stěnami ve 4 nebo 9 stejných, slabších kostek a ty zkoušejí buď všechny nebo jenom některé v určitém pořadí. Na zkušebních tělesech z obvodu kmene třeba stanoviti ještě poměr dřeva jádrového k blánovému. Má-li býti zkoušeno řezivo, vyjmou se zkušební hranolky tak, aby v nich dřeně nebylo. Před zkouškou nutno i zde vyšetřiti, po případě načrtnouti, polohu let ke stěnám, zjistiti, zda kostka je ze dřeva blánového nebo jádrového, a je-li v ní zastoupeno obojí, určiti jeho poměr. Pražce se zkoušejí tlakem, působícím kolmo ke směru vláken, a měří stlačení v určitých místech.

Zkouška ohybem. Zkoušejí se hranolovité tyče, podepřené na koncích válečky a ohýbané uprostřed zaoblenou čelistí stroje. Velikostí zatížení a vzdáleností podpor dán jest ohýbací moment. Při větších zatíženích vtlačovala by se čelist do dřeva a při menším vzdálení podpor vnikaly by i tyto do zkušební tyče, čímž by byla správnost výsledků ohrožena. Proto navrhl zmíněný Svaz, aby čelist působila na podložku, mající stejnou šířku jako zkušební tyč, výšku rovnou $^1/_3$ výšky tyče a délku odpovídající $^1/_{10}$ vzdálenosti podpor. Také na opěrné válečky mají býti položeny nejprve destičky, jejichž styčná plocha má velikost průřezu tyče. (Baumann uvádí,*) že podložky při přesném určování pružných vlastností malých zkušebních těles nemají celkem významu a že stlačení dřeva poblíže meze pevnosti také nezabrání. Upotřebí-li se ještě podložek z různých dřev, jsou zkušební poměry pokaždé jiné.)

Na výsledky zkoušek má vliv nejen poměr mezi výškou průřezu a vzdáleností podpor, nýbrž i poloha let vzhledem ke směru působení síly. Podle Wykandera snese zkušební tyč, na kterou působí síla, jak ukazuje šipka na obr. IV a., větší namáhání, při menším prohnutí, než zatížená dle obrazů IV b. a IV c. Tetmajer udává, že tyč, ohýbaná jak naznačuje obr. IV b., vydrží méně než tyč, ohýbaná podle obr. IVc.

Má-li býti podle návrhu Svazu vyzkoušeno ohybem dřevo celého kmene, vyříznou se z něho hranoly podle obrazu II. a ze získaných čtyř zkoušejí alespoň dva protilehlé tak, aby jedna z jejich radiálních ploch byla namáhána tahem (obr. IV d.). Vzdálenost podpor se má rovnati nejméně 8násobné výšce průřezu tyče a býti všeobecně 1·5 *m*. Z jednotlivého kusu dřeva nutno zkušební tyč tak připraviti, aby roční kroužky byly kolmé k jedné její ploše, která by při ohybu byla na straně tažené. Při všech ohybových zkouškách třeba zaznamenati nebo načrtnouti polohu let vzhledem ke směru, v jakém síla působí.

Zkouší-li se dřevo ohybem podrobně, určuje se napětí na mezi úměrnosti, modul pružnosti, pevnost, průběh prohnutí se vzrůstajícím zatížením až k lomu a stanoví práce přetvárná na mezi úměrnosti a pevnosti. Velikost prohnutí se měří na setiny *mm*. Pevností je největší zatí-

*) Forschungsheft č. 231, str. 10. (viz poznámku na str. 372).

žení, jež tyč snese; není ještě dosažena, přetrhnou-li se jenom některá vlákna nebo jejich svazky. Aby přetvárné práce byly porovnávatelné, vztahují se na normální zkušební tyč průřezu 10 × 10 *cm* a vzdálenost podpor 1·5 *m*.

Napětí tažených i tlačených vláken, počítané z rovnic, vyvozených na základě předpokladů, že průřezy při zatížení zůstanou rovinné, prodloužení jsou úměrná napětí a materiál stejnorodý, byla by na př. u pravoúhlého průřezu stejná (viz přímku na obr. IX., tab. 49.). Obraz VIII. téže tab. však ukazuje, že pevnost borového dřeva v tlaku jest značně menší než v tahu, což platí o většině dřev. Budou tedy při zkoušce ohybem tlačená vlákna méně vzdorovati než tažená; na straně tlačené se objeví mnohem dříve deformace než na tažené. Zkušební tyč se zlomí zpravidla jenom na straně tažené, což však není známkou, že lom počal na této straně, jelikož pevnost vláken tažených byla porušena teprve po překonání odporu vláken tlačených. Závislost ohýbacích momentů a napětí vnějších, tažených i tlačených vláken, možno sledovati na obr. IX. Až po svislici *I* probíhají obě křivky přímočaře. Dostoupil-li ohýbací moment hodnoty *II*, počíná se dřevo na tlačené straně svrašťovati, křivka napětí vláken tlačených se zahýbá dolů, kdežto napětí v tahu přibývá skoro stejnoměrně. Dřevo se zlomí momentem, odpovídajícím svislici *III*, ač by se podle výpočtu mělo zlomiti teprve na svislici *IV*. Pevnost tyčí čtverhranného průřezu v ohybu bývá 1·4 — 2kráte větší než pevnost v tlaku, ale poněkud menší než pevnost v tahu.

Z k o u š k a s t ř i h e m. Dřevo se zkouší jednostřižně ve směru radiálním i tangenciálním k ročním kroužkům, jelikož se obě pevnosti od sebe liší. Síla působí rovnoběžně s vlákny na čelech hranolku. Čelisti, kolmé ke směru síly, nemají býti tlustší než 1 *cm*. Zkoušený průřez nemá míti při radiálním řezu šířky přes 5, při tangenciálním přes 3 *cm* a výšku přes čtyřnásobnou šířku čelistí. Napětí ve střihu se stanoví vzhledem k celému průřezu bez ohledu na zamáčknutí čelistí do hranolku.

Z k o u š k a t a h e m. Pevnost dřeva v tahu se určuje na plochých nebo kulatých tyčích, zatěžovaných ve směru vláken. Mezinárodní svaz navrhl na kongresu v Bruselu, aby normální tyč byla plochá, měla tloušťku 1 *cm*, šířku nejméně 2 *cm*, délku 22 *cm*, aby její širší plochy byly kolmé nebo tangenciálné k létům.

B a u m a n n*) zkouší pevnost t v r d ý c h dřev ve tvaru kulatých tyčí, 1·5 *cm* v průměru, se zkoušenou délkou 10 *cm*, na koncích sesílených a opatřených $^3/_4$″ plynovým závitem (obr. V., tab. 49.). Jím se tyč do

*) B a u m a n n R., Die bisherigen Ergebnisse der Holzprüfungen in der Materialprüfanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Forschungsheft 231, Verein d. Ingenieure, Berlín 1922 a

B a u m a n n R., Versuche über die Elastizität und Festigkeit von Bambus- Akazien-, Eschen- und Hickoryholz, Zeitschrift d. Vereines d. Ingenieure, 1912, str. 229.

upínacích čelistí nešroubuje, nýbrž těmito bočně svírá. Pružná prodloužení určuje na tyčích jenom 1·1—1·2 *cm* silných. Konce měkkého dřeva napájí klihem, aby čelistem lépe vzdorovaly. Je-li dřevo velmi měkké nebo tak tenké, že z něho nelze vysoustružiti kulatých tyčí, provedou se s průřezem čtvercovým (obr. VI.) nebo obdélným, velikosti 1 × 2 *cm*, a zkoušenou délkou 22 *cm*. Jejich rozšířené konce se chrání přiklíženými příložkami *A* nebo ještě i destičkami *b*, aby je vroubkované čelisti nepoškodily, a tyčinky netrhaly v místě upětí. Jedlové dřevo, jehož pevnost v tlaku jest udána na str. 370., mělo pevnost v tahu 605—1460 *kg*; pevnost v tahu bukového byla 1345 *kg*. Vztah mezi napětím a prodloužením naznačen na obr. VIII.

Pevnost v tahu kolmo k vláknům se určuje na zkušebních tělesech, podobných tělesům ke zkoušení štípatelnosti. Jejich tvar udává obr. XIII., tab. 49. Průřez odporující zatížení má 4 cm^2. Způsob upětí tělesa na stroji do čelistí d_1, d_2, e_1, e_2 jest patrný z obr. X. téže tabulky.*) Tahem jsou vlákna dřeva od sebe oddělována směrem kolmým k jejich délce.

Zkouška kroucením. Baumann zkouší pevnost v kroucení na kulatých tyčích se čtverhrannými hlavami, znázorněných obrazem VII.

Zkouška rázem. Týž badatel přeráží zkušební tyče čtvercového průřezu 2 × 2 *cm*, 35 *cm* dlouhé, podepřené ve světlé vzdálenosti 25 *cm*, na výkyvném kladivovém stroji a určuje práci potřebnou k přeražení poznaným způsobem.

Zkoušení tvrdosti. Tvrdost dřeva stanoví se dosud několika způsoby. Buď se vtlačuje do něho určitým tlakem, kolmo k délce zkušební tyče, ležící na tuhé podložce, poloviční váleček, 30 *mm* v průměru, tak dlouhý, jak široká je tyč, a měří šířka válcové prohlubeniny, závislá na tvrdosti dřeva; číslem tvrdosti je podíl tlaku v *kg* a plochy válcové prohlubeniny v mm^2. Nebo se do zkušební tyče vtlačuje kulička 11·28 *mm* v průměru až přesně do poloviny; pak měří kruhová plocha, omezující důlek, právě 1 cm^2, a číslem tvrdosti je tlak, jehož bylo třeba, aby kulička tak hluboko vnikla.

Baumann určuje tvrdost poznaným kladívkovým přístrojem s kuličkou 10 *mm* v průměru, působícím rázem.**) Kulička se natírá slabě barvou, aby důlek byl znatelnější a přesněji měřitelný. Číslem tvrdosti je hloubka vniku. I zde možno z tvrdosti určiti přibližně pevnost v tahu, aniž by byla nutna příprava zkušebních těles. Poznalo se, že pevnosti v *kg* na 1 cm^2 se shodují přibližně s hodnotami, které se dostanou dělením čísla 300 plochou kruhu, omezujícího důlek v cm^2 (300 : f cm^2).

Zkouška štípatelnosti. Rozštěpují se špalíčky tvaru, navrženého již Nördlingerem a doporučeného Mezinárodním svazem,

---

*) Bližší o stroji na str. 374.

**) Viz str. 340.

který znázorňuje obr. XI., tab. 49. Špalíček má býti tak vyříznut, aby štěpná plocha *A B*, naznačená na něm čárkovaně, byla buď radiální nebo tangenciální k letům. Špalíček se upne do čelistí f_1, f_2 stroje, nakresleného na obr. X. téže tabulky, způsobem patrným z podrobného obrazce XII. Stroj je buď zcela samostatný, nebo umístěn na rameni *K*, připevněném ke kyvadlovému manometru firmy Alfred J. Amsler a spol. (obrazy III. a IV., tab. 47.).*) Dva rozpěrací šrouby, a_1, a_2 (obr. X., tab. 49.), nesou traversu *A*, na které jest uložen hydraulický válec *B* s pístem *b*. O hoření konec pístu, zakončený kuželovitě, opírá se příčka *C*, spojená táhly c_1, c_2 s příčkou *D*, k jejíž spodní straně jsou přišroubovány tři účinné čelisti d_1, e_1, f_1, pohybující se zároveň s pístem. Nehybné čelisti d_2, e_2, f_2 jsou spojeny s ramenem *K*. Napiatý olej od čerpadla, připevněného ke stojanu kyvadlového manometru, který udá velikost napínací síly, přivádí pod píst *b* trubka *g*. Olej, proniknuvší mezi válcem a zabroušeným pístem, odvádí trubka *h*. Táhla c_1, c_2 procházejí válcem *B* i příčkou *A* s vůlí, aby se nemohla příčiti.

K určování trvanlivosti dřeva, která závisí na velmi mnohých okolnostech, není dosud jednotných předpisů. Nördlinger**) navrhoval, aby kolíky ze zkoušeného dřeva, dlouhé jako prst, byly vraženy do dírek pláště válcové nádoby z dobrého dubového dřeva nebo z pálené hlíny, naplněné vlhkými, kyprými, snadno hnijícími látkami, a vystaveny jejich účinku.

Zkoušky klížených spojení. Provádějí se, aby vyšetřena byla jejich pevnost, stanoven byl vliv stlačení spojovaných, klihem natřených částí na ni, určen rozdíl mezi klížením horkým a studeným, vliv doby schnutí a pod. Zkoušejí se spoje destiček *a*, *b*, obr. XIV., tab. 49., sklížených v rozsahu asi 3 *cm*. Síla má působiti pokud možno ve styčné ploše, aby spojení bylo namáháno pouze smykem. Jelikož je však namáháno tím více ohybem, čím silnějši jsou sklížené části, volí se jejich tloušťky jenom 0·5 *cm*. Napětí ve spoji jest podílem ze zatížení *P* v *kg* a velikosti styčné plochy v cm^2; bude uprostřed délky spoje největší, na krajích nulové.

O vyjímání zkušebních těles z různých výšek kmene předpisuje Mezinárodní zkušební svaz: Mají-li býti určeny průměrné vlastnosti kmene, budiž vyříznuto těleso pro zkoušku ohybem mezi 7. a 10. metrem od půdy a tělesa na ostatní zkoušky nechť se vyjmou ze sousedních míst na jeho koncích. Aby se vyšetřila upotřebitelnost kmenů na trámy a podpory určité délky, má se střed

*) Zkušební stanice ústavu má samostatný universální stroj ke zkoušení dřeva od jmenované firmy s největším výkonem 4000 *kg*, na němž mohou býti konány zkoušky tlakem, ohybem, tahem, rázem a určována tvrdost i štípatelnost.

**) Nördlinger H., Die technischen Eigenschaften des Holzes, Stuttgart, 1860, str. 459.

ohybových zkušebních těles ztotožňovati pokud možno se středem trámů. Tělesa na ostatní zkoušky vyjmou se zase po koncích zkušebního tělesa na zkoušky ohybem. Když se stanoví vliv výšky, ze které bylo zkušební těleso vzato, má býti vyříznuto nejnižší těleso, k určení pevnosti v tlaku a objemové váhy, ve výši 1·3 *m* nad půdou. Další tělesa buďtež vyňata ve vzdálenostech 1, 5, 11, 17 a dále po 6 *m* od oddenku, dokud kmen není slabší než 13 *cm*. Ke každému zkušebnímu tělesu, pokud možno i k vyňatým z jednotlivých kusů, má býti připojeno, z jaké výšky na kmeni byl vyříznut. — Má-li býti zjištěna průměrná jakost dřeva určitého porostu, třeba vyzkoušeti nejméně 3 kmeny.

V předcházejících statích bylo pojednáno o zkušebních pomůckách jednoho velikého oboru technické prakse, kovodělného, a připojeny zmínky o pomůckách ke zkoušení dřeva. Kromě nich potřebuje druhý rozsáhlý obor, stavební, množství pomůcek ke zkoušení svých hmot, přirozených a umělých stavebních kamenů, písku, oblázků, štěrku, malt, vápen, cementů, betonu, krytin a konečně i celých stavebních částí. K podrobnějšímu studiu pomůcek obou oborů, jakož i celého zkušebnictví vůbec, nutno sáhnouti k odborné literatuře. Z té buďtež uvedena tato knižní díla:

Martens A., Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau, I. díl, Berlín, 1898.

Hrabák J., Drahtseile, Berlín, 1902.

Martens A. a Guth M., Das Kgl. Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlín. Denkschrift zur Eröffnung, Berlín, 1904.

Thallner O., Konstruktionsstahl. Handbuch über die Festigkeitseigenschaften von Stahl und Eisen, Freiberk, 1904.

Tetmajer L., Angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 2. vyd., Vídeň a Lipsko, 1905.

Kürth A., Über die Beziehungen der Kugeldruckhärte zur Streckgrenze und zur Zerreissfestigkeit zäher Metalle, Berlín, 1908.

Ludwik P., Ein neues Verfahren zur Härtebestimmung von Materialien, Berlín, 1908.

Ludwik P., Elemente der technologischen Mechanik, Berlín, 1909.

Reichelt A., Die Prüfung der Konstruktionsstoffe für den Maschinenbau. Bibliothek der gesamten Technik, sv. 110, Hannover, 1909.

Velflík V., Stavitelství mostní, III. díl, Praha, 1910.

Hinrichsen F., Das Materialprüfungswesen unter bes. Berücksichtigung der am Kgl. Materialprüfungsamte zu Berlin-Lichterfelde üblichen Verfahren, dargestellt unter Mitwirkung von A. Martens und zahlreichen Fachgenossen, Stuttgart, 1912.

Martens A. a Heyn E., Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau, II. díl, část A., Berlín, 1912.

Jüptner H., Die Festigkeitseigenschaften der Metalle, Lipsko, 1919.

Schulze G., Die wirtschaftliche Bedeutung des Materialprüfungswesens der Technik, Postupím, 1919.

Bach C., Elastizität und Festigkeit, 8. vyd., Berlín, 1920.

Bach C. a Baumann R., Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien, 2. vyd., Berlín, 1921.

Memmler K., Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne Technik der Materialprüfungen, I. a II. díl. Sbírka Göschenova, sv. 311. a 312., 3. vyd., Berlín a Lipsko, 1921. (Obsahuje zejména hojnost časopisecké literatury do r. 1920.)

Lauenstein R. a Ahrens C., Die Festigkeitslehre, 16. vyd., Lipsko, 1922.

Batson R. G. a Hyde J. H., Mechanical Testing, 2 díly, Londýn, 1922.

Föppl A. a Föppl O., Grundzüge der Festigkeitslehre, Lipsko a Berlín, 1923.

Wawrziniok O., Handbuch des Materialprüfungswesens für Maschinen- und Bauingenieure, 2. vyd., Berlín, 1923.

Důležité referáty z tohoto oboru obsahují kromě časopisů také různé Zprávy, na př.:

Kongressberichte des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. Der IV. Kongress, Brusel, 1906, der V. Kongress, Kodaň, 1909 a der VI. Kongress, Nový York, 1912;

Mitteilungen des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, Berlín;

Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, sešity: č. 3, 38, 65, 66, 75, 81, 85, 118, 131, 133, 170, 171, 207, 215, 230, 238, 247, 249, jež vydává Verein deutscher Ingenieure, Berlín;

Zprávy národních zkušebních svazů a

Zprávy z výzkumných stanic vysokých škol.

REJSTŘÍK.